

Bányászati és Kohászati Lapok



BUDAPEST

2012/3.
145. évtolyam
1-28. oldal

KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ



75 éves a magyar kőolaj- és földgáztermelés

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ

Alapította: PÉCH ANTAL 1868-ban



**Hungarian Journal of
Mining and Metallurgy
OIL AND GAS**

**Ungarische Zeitschrift für
Berg- und Hüttenwesen
ERDÖL UND ERDGAS**

Címlap:

Dr. Kántás Károly szobra
a MOIM-BAN
(Koplar Katalin alkotása)

Kiadó:

Országos Magyar Bányászati
és Kohászati Egyesület
1027 Budapest, Fő u. 68.

Felelős kiadó:

Dr. Nagy Lajos,
az OMBKE elnöke

Felelős szerkesztő:

Dallos Ferencné

A lap a

MONTAN-PRESS

Rendezvényszervező, Tanácsadó
és Kiadó Kft.
gondozásában jelenik meg.

1027 Budapest, Csalogány u. 3/B
Postacím: 1255 Budapest 15, Pf. 18
Telefon/fax: (1) 225-1382
E-mail: montanpress@t-online.hu

Belső tájékoztatásra készül!

HU ISSN 0572-6034

A kiadvány a MOL Nyrt. támogatásával jelenik meg.

Kőolaj és Földgáz 2012/3. szám

TARTALOM

SZABÓ TIBOR:

Az aphron bázisú öblítő közeg kiszűrődésének javítása 1

TRÖMBÖCZKY SÁNDOR:

Szénhidrogén – vagyon, készlet, becslés, értékelés, minősítés 6

Dr. MEGYERY MIHÁLY:

A feltöltéses nyomásemelkedési módszer alkalmazhatósága
a nem hagyományos gázelfordulásoknál 12

Köszöntés 24

Egyesületi hírek 24

Történeti hírek 28

Szerkesztőbizottság:

dr. CSÁKÓ DÉNES, dr. FECSER PÉTER, id. ŐSZ ÁRPÁD

Az aphron bázisú öblítő közeg kiszűrődésének javítása

ETO: 622.2406



SZABÓ TIBOR, PHD

okl. olajmérnök,
egyetemi adjunktus,
Miskolci Egyetem,
Kőolaj és Földgáz Intézet.

A szerző a fúrás hatékonyságát alapvetően meghatározó öblítő-fúró folyadék optimális kiválasztását vizsgálta, kiemelt figyelmet fordítva a speciális mikrobuborékos rendszer gyakorlati alkalmazhatóságára.

Bevezetés

Az alulegyensúlyozott fúrás az elmúlt évtizedekben a lemerült, kis nyomású rétegek átfúrásának nagyon népszerű megoldásává vált. A technológia évente több tízezerszer bizonyítja előnyeit, azt, hogy alkalmazása során nagyobb a fúrási sebesség, hosszabb a fúró élettartama, csökken az iszapvesztés és a differenciális megszorulás veszélye, a csekély mértékű formációkárosítás kisebb rétegserkentési szükségletet eredményezhet a későbbiekben és a formáció fúrás közbeni termelése értékes információkkal javíthatja a rétegek kiértékelését. Ugyanakkor az alulegyensúlyozott fúrási technika sem küszöböl ki minden formációkárosítási módot. Az iszaplepeny hiánya egy-egy nyomáshullám esetében jelentős elárasztáshoz vezethet, homokkő gáztelepekben jelentkezhet a spontán kapilláris felszívás, és ha a fúrási folyadék nem képes hűteni a fúrót és a kőzetet, akkor az átfúrt kőzet felülete károsodhat, üvegesedhet, ami jelentős mértékben rontja az áteresztőképességet [1, 2].

Az alulegyensúlyozott fúráshoz használt fluidum lehet egyfázisú, tisztán gáz vagy tisztán folyadék, illetve kétfázisú gáz és folyadék, vagy esetleg szilárd anyag valamilyen arányú keveréke. A folyadék

kiválasztását alapvetően az alkalmazás körülményei határozzák meg. Ebben a cikkben a szerző bemutatja a lehetséges folyadékokat és egy különleges, mikrobuborékos rendszer laboratóriumi vizsgálatával bizonyítja a fluidum alkalmazhatóságát.

Öblítő fluidumok

Többféle fluidummal elérhető az alulegyensúlyozott lyuktalpi körülmény, a használható fluidumokat és sűrűségeit az 1. táblázat tartalmazza:

1. táblázat: Lehetséges öblítő közegek és sűrűségük

Folyadékok	Sűrűség (kg/l)
Gázok	0,1–0,2
Kétfázisúak	0,1–0,8
• Kőd	0,1–0,3
• Hab	0,3–0,5
• Gázosított folyadék	0,5–0,8
• Aphron	0,8–
• Üveggyöngyös folyadék	$\rho_f - 0,25$
Folyadékok	0,7–2,2

Fontos tudni: a kis sűrűség sem garantálja teljesen az alulegyensúlyozott viszonyokat, például habok esetében, ha az öblítési nyomásveszteség jelentős, a lyuktalpi nyomás elérheti a pórusnyomás értékét [3, 4].

A mikrobuborékos rendszer bemutatása

Brookey [5] írta le először a levegő alkalmazását, mint lehetséges tömítő anyagot. Ezek a levegőbuborékok, vagy ahogy ő elnevezte ezeket, aphronok, különleges tömítő anyagok. Az aphron alapú folyadékokat úgy tervezik, hogy a kimerült, nagy áteresztőképességű homokkőekben csökkentik a folyadékvesztéget, segítik a kútkiképzést és stabilizálják az agyagokat is.

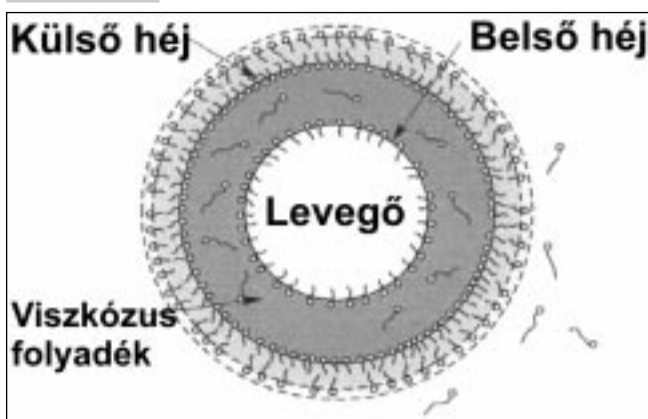
Ennek a folyadéknak az egyik nagy előnye az, hogy nem igényel extra eszközöket, mint a levegővel vagy a habbal való fúrás, tehát nincsenek kompresszorok, nagynyomású tömlők és csatlakozók, amelyek jelentős költséget emésztene fel és biztonsági kockázatot jelentenek. A rendszer hagyományos iszapkezelő berendezésekkel előálítható.

Az aphron szerkezete [6]

Az aphron alapvetően két részből áll (1. ábra):

- A mag, ami rendszerint gömb alakú és folyadék vagy gáz.
- A vékony vízbázisú védő héj, aminek a külső része hidrofób tulajdonságú. A vízbázisú héjban található felületaktív molekulák úgy helyezkednek el, hogy hatékonyan ellen tudjanak állni a környező aphronokkal történő egyesülésnek.

1. ábra: A mikrobuborék szerkezete



(Forrás: Aphronics Brochure, Mi, A. Smith/Schlumberger Company kiadványa)

A héjzat megvédi az aphronokat, amelyek képesek egymást vonzani és egy komplex csoporttá összeállni. A védő, felületaktív anyagot tartalmazó héj nagy viszkozitású és dupla héjzatú: a belső héjban lévő felületaktív anyag hidrofób része a magban, a hidrofíl vége pedig a héjban helyezkedik el. A külső héjban a felületaktív anyag hidrofíl vége a héjban, a hidrofób része az alapfolyadékban van. Kialakulásuk után két alapvető szempontból különbözik a habban lévő levegőbuborékoktól. Először is az aphronok ellenállnak a nagyobb buborékká való egyesülésnek, például amikor az aphronokat beszippantják az alacsony nyomású részek a formáció pórusaiba, ott azok különállóak maradnak és egy erős egységet alkotnak. Másodszor az aphronok tartósak és stabilak, miközben a polimer- és más adaléktartalmú héj által körülvett magjuk összenyomható.

Az aphronok stabilitása

A vízbázisú dupla héjzat az aphron szerkezetében mindaddig stabil marad, míg a vízréteg teljesíti a vastagságára és a viszkozitására vonatkozó kritériumokat [6]:

1. A vízrétegnek legalább a minimális vastagsággal kell rendelkezni, ha ez alá vékonyodik, például az aphron térfogat növekedése miatt, akkor a filmréteg felszakad.
2. A víz viszkozitása a minimum fölötte legyen. A víz molekulái – általában gyors folyamatként – hajlamosak kidiffundálni a vízrétegből az alapfolyadékba, ami vékonyítja és destabilizálja a vízfilmet. Azonban a víztranszfer aránya fordítottan arányos a viszkozitással, ezért a jól tervezett aphron rendszerhez viszkozitásnövelőt, rendszerint biopolimert adagolnak.

Más tulajdonságokkal is rendelkeznie kell a vízfilmrétegnek ahhoz, hogy az aphron szerkezet fenntartható legyen. Az egyik ilyen az alacsony diffúziós képesség. Amikor egy vizes alapú folyadék, amely normál körülmények között 15% V/V levegőt tartalmaz, 10 bar nyomáson, a kompresszió önmagában lecsökkenti a levegő térfogatát kb. 1,5% V/V-re. Azonban a levegő oldhatósága tiszta vízben ilyen nyomás mellett 15 ml/g (víz), tehát az összes levegő feloldódhat 10 bar nyomás mellett. Ez nem vonatkozik az aphron alapú folyadékokra. Sőt, nemcsak hogy az aphronok kibírók a 15 bar nyomást, de a térfogatuk sem csökken le olyan kicsire, amely a sűrítés során várható lenne. Az aphron filmréteg megfelelően erős és nem permeábilis ahhoz, hogy a kompresszió ellenálljon, és hogy meggátolja a levegő átszivárgását a folyékony közegbe.

Az aphron bázisú iszap tulajdonságai

A reológia, illetve a folyadékveszteség az a két legfontosabb tulajdonság, amit vizsgálnak és megpróbálnak szabályozni fűrés közben. Bár azt hihetnénk, hogy az aphronok általában növelik a fűrófolyadék viszkozitását, a reológiai mérések teljesen mást mutatnak: az aphronok jelenléte nem befolyásolja jelentősen a viszkozitást. A folyadékveszteség függ a permeábilis közet és a rétegfolyadék tulajdonságaitól.

Az aphron bázisú folyadék felépítése

A laboratóriumban az Aphron ICS nevű folyadék vizsgálata történt meg. Az alapfolyadékba a 2. táblázatban található recept szerinti mennyiségű adalékokat kellett bekeverni.

2. táblázat: Az APHRON ICS folyadék összetétele

APHRON ICS Recept		
Név	Leírás	Mennyiség
ALAPFOLYADÉK	A rendszer folyamatos fázisát biztosítja (víz vagy sósvíz)	350 ml
SODA ASH	Vízkeménység-beállítás	0,25 g
GO DEVIL II.	Viszkozitást javító	4,5 g
ACTIVATOR I.	Hőállóságot javító	5,0 g
ACTIVATOR II.	pH-szabályozó	2,0 g
M-I CIDE	Baktericid	0,3 g
BLUE STREAK	Aphron-generátor	1,0 g
APHRONIZER A	Felületaktív anyag	0,5 g
PLASTICIZER	Polimer	0,3 g
APHRONIZER B	Felületaktív anyag	0,5 g

A bekevert aphron típusú folyadék sűrűség- és pH-mérésének, valamint laborkörülmények között egy teljes Fann reológiai vizsgálatnak az eredményeit a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: APHRON ICS fúrási folyadék paraméterei

Paraméterek		
Hőmérséklet [°C]		32
Sűrűség [kg/l]		0,693
Fann leolvasás [fordulat/min]:		
600		95
300		79
200		73
100		64
6		39
3		35
Mozg. ell. 10"	[Pa]	16,86
Mozg. ell. 10"	[Pa]	20,95
pH	[-]	10,14

A bekevert anyag sűrűsége lényegesen kisebb lett, mint az alapfolyadék víz sűrűsége. Megállapítható, hogy az adalékok segítségével képzett aphron alapú folyadék alkalmas alulegyensúlyozott viszonyok létrehozására.

Az aphron rendszer reológiája

A tipikus fúrófolyadékok 2 komponense a folyadék (víz és/vagy olaj) és a szilárd halmazállapotú anyag (hozzáadott vagy a lyukból származó). A levegő nem alapvető része a fúrófolyadékoknak; ha mégis jelen van, akkor sem kívánatos tényező. A víz alapú folyadékok levegőtartalma gyakran okoz korróziót, illetve habzási problémát, ha azt nem kezelik megfelelően.

Másrészről a hab, mint öblítő közeg, nagyon magas százalékban tartalmaz levegőt és csak minimális mennyiségben vizet és a levegőbuborékok hajlamosak összekapcsolódni nagyobb buborékká, illetve kilépni a folyadékfázisból. Az aphron alapú folyadékokban a levegő különálló marad és nem fog más buborékokkal nagyobb buborékká összeállni. A levegőbuborékok stabilitása érdekében két fontos dolog szükséges: a felületaktív anyag jelenléte, és az, hogy a folyadék viszkozitása egy minimális értéknél nagyobb legyen kis nyírási sebességeknél, ami azért szükséges, hogy megakadályozza a levegőbuborékok kiválását a felszínen. A gyakorlatban 0,5 rpm fordulatszám mellett 50 000 mPa.s-nál nagyobb kell lenni, hogy a levegőbuborékok a folyadékban maradjanak. Ideális esetben a 100 000 mPa.s-os viszkozitás minden levegőt a folyadékban tart.

A szabványos mérésre nem volt lehetőség, de a 3 fordulat/perchez tartozó adatból látható, hogy ehhez a kis nyírási sebességhez nagy nyírási feszültség tartozik. A mérések során sűrűségkülönbség kialakulása a folyadékban nem volt tapasztalható. Természetesen ennek az öblítő közegnek is az egyik legfontosabb fel-

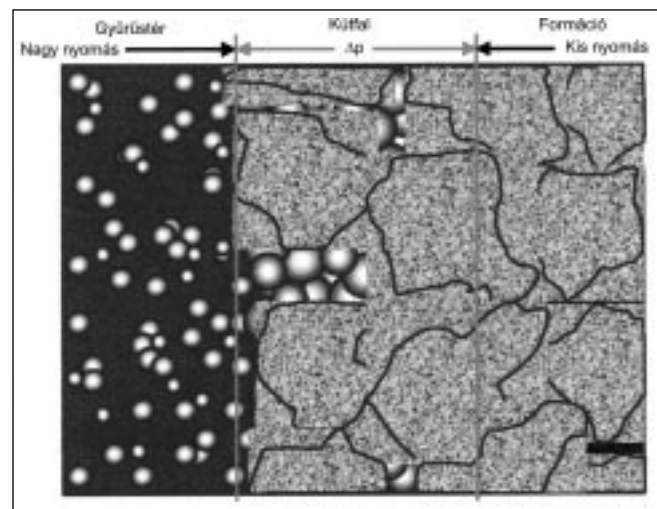
adata az, hogy öblítési szünetben lebegésben tartsa a furadékszemeket, és erre vonatkozóan a minimum követelmény az, hogy a 3 fordulat/perchez tartozó érték és a tixotrópia mérésénél a 10 másodperchez tartozó leolvasás legalább 10 lb/100 ft² legyen, amit ez a folyadék teljesít. A folyadék pH-értéke a kívánt határok között van, s így a polimer degradációja nem következhet be.

Az aphron bázisú folyadék kiszűrődési tulajdonságai

Sokak szerint a formációkárosodás kontrollálásának kulcsa a kiszűrődés szabályozása, vagyis az iszap, a szilárdanyag-tartalom és a szüredék nagy mennyiségű formációba jutásának megakadályozása valamilyen módon.

A levegőbuborékok a gyűrűstérben áramolva a nyomáskülönbség hatására kerülnek be a formációba, mivel a folyadék öblítési nyomása nagyobb, mint a pórusnyomás. A levegőbuborék mérete változik a nyomáskülönbség miatt. Nagynyomású öblítés közben a levegőbuborékok kicsik, amikor a kicsi levegőbuborék belép az alacsonyabb nyomású rezervoárba, a levegőbuborékok kiterjednek, amíg a nyomás ki nem egyenlítődik az új nyomásnak megfelelően. Így a formációba kerülő nagyszámú levegőbuborék kitágulva elzárja a közet pórusait, megvalósítva a tömítést, 2. ábra [5, 6].

2. ábra: Az aphronok tömítő mechanizmusa



(Forrás: Aphronics Brochure, Mi, A Smith/Schlumberger Company kiadványa)

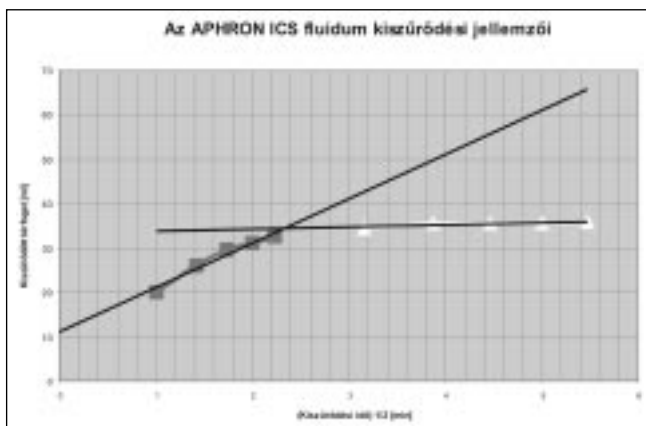
A tárolóközetek nagy része víznedves, így a hidrofób mikrobuborék belépését a leszűkült pórusba a kapilláris nyomás próbálja megakadályozni. A nem nedvesítő folyadék egy picike gömböcskéje csak a kialakuló differenciális nyomás hatására kerülhet be a közetbe, és az is csak akkor, ha a differenciális nyomás nagyobb, mint a kapilláris nyomás. Az aphron bázisú folyadékok képesek a folyadékvesztésüket hatékonyan

kontrollálni nagy permeabilitású közetekben is. A kis viszkozitás miatt kicsi az ECD és minimális a lyukfal instabilitása is.

Az aphron héjának hidrofób tulajdonsága lehetővé teszi a buborékok összekapcsolódását anélkül, hogy egy buborékká válnának. Amikor az aphron-bázisú folyadék belép a formációba, az aphronok összenyomódnak és a deformált cellák halmaza elzárja a kőzet pórusait. Ez a rendszer megtartja a hidrofób jellegét. Az aphronok tömítésének hatékonysága függ a pórusok és repedések méretétől és a héjazat hidrofób tulajdonságától. Kis pórusméret és erős hidrofób jelleg esetén jó a tömítés. Ellenkező esetben nagyméretű pórusok és az aphronok nem elég erős hidrofób jellege mellett nagyon nagy nyomás szükséges ahhoz, hogy a buborékok összetapadva hatékony tömítővé váljanak.

A fluidumkiszűrődés javító hatásának vizsgálatára laboratóriumban, HPHT iszapprésen 10 μm -es és 35 μm -es kerámiaszűrő-betétet került sor. A mérések során a közeg hőmérséklete 80 °C volt, míg a differenciális nyomás 35 bar (500 psi). Az első mérés a nagyobb méretű szűrőbetétet történt, az irodalomban megjelentek alapján azzal a feltételezéssel, hogy az aphron-alapú közeg képes lesz hatékony védőréteget alkotni a szűrőbetétet, de a közeg gyakorlatilag átfolyt a szűrőbetétet, tehát nem alakult ki a tömítő réteg a felületén. A második mérés során a fluidum kiszűrődési tulajdonságának meghatározása 10 μm -es szűrőbetétet történt.

3. ábra: A kiszűrődött térfogat



A kiszűrődési görbéből látható (3. ábra), hogy a viszonylag nagy kezdeti kiszűrődött térfogat után az aphron bázisú folyadék hatékonyan gátolta meg a további jelentős elárasztást a 10 μm -es szűrőbetét esetében, ami kb. 100 mD áteresztőképességű kőzetnek felel meg.

A nagyobb szűrőbetétet történt mérés azt mutatta, hogy repedezett, nagy permeabilitású rétegek esetén kétséges önmagában az aphron bázisú közeg tömítő képessége. Ez a tény és a fenti mérésnél tapasztalt vi-

szonylag nagy kezdeti kiszűrődött térfogat miatt meg kellett vizsgálni azt, hogy milyen adalékanyaggal lehetne csökkenteni a kiszűrődött térfogatot, azért, hogy az aphron alapú közeget biztosan alkalmazni lehessen ilyen körülmények között is.

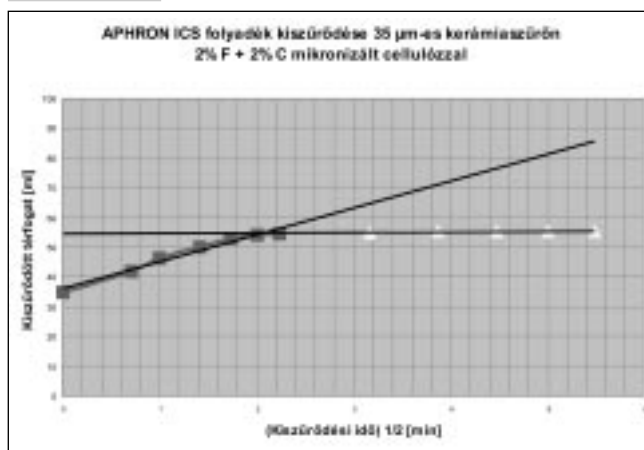
A mikronizált cellulóz rost hatása az aphron alapú folyadék kiszűrődésére

Az aphron alapú folyadék nagy pórusméretű (35 μm), sikertelen kiszűrődési vizsgálata és a mikronizált cellulóz rost sikeres alkalmazása a folyadékok kiszűrődési tulajdonságainak javításában szolgáltatta azt az ötletet, hogy a nagy áteresztőképességű közetek esetén az aphron alapú folyadék kiszűrődését a mikronizált cellulóz rost segítségével lehet-e javítani.

Az első mérés során az aphron alapú folyadék és 2% finom (F) szemcseméretű mikronizált cellulóz rost keverékét alkalmazták. A mérési paraméterek megegyeztek: a hőmérséklet 80 °C, a differenciális nyomás 35 bar volt. Ugyanaz az eredmény született, mint a tiszta aphron folyadék esetén, a folyadék gyakorlatilag akadálytalanul átfolyt a 35 μm -es szűrőbetétet, ez a kísérlet sikertelen volt.

A második mérés alkalmával a 2% finom (F) szemcseméretű mikronizált cellulóz mellé 2% durva (C) cellulóz bekeverése megtörtént. A mérés eredményeit a 4. ábra szemlélteti. A kezdeti gyors kiszűrődés (spurt loss) alatt az iszaplepeny váza a finom mikronizált cellulózból kialakult és ezután az aphron mikrobuborékokkal együtt hatékonyan szabályozza a folyadékkiszűrődést. A sikeres kísérletsorozat rávilágít arra, hogy nagy áteresztőképességű közetek esetében is, ahol az aphron alapú folyadék tömítése nem megfelelő, laboratóriumi mérésekkel megtalálható az a mikronizált cellulózkeverék, amivel együtt a mikrobuborékok hatékony tömítést érnek el a kőzet felületén. A mikronizált cellulóz ideális koncentrációja mérésekkel meghatározható.

4. ábra: A kiszűrődött térfogat



Összefoglalás

A hatványtörvényes, pszeudoplasztikus modellel leírható reológiai viselkedésű Aphron ICS fluidum viszkozitásának hőmérséklettől való függését, ami – a levegő nagy koncentrációja ellenére – a kezdeti, átmeneti jelleg után már nem függ a közeg nyomásától csak a hőmérsékletétől.

A 100 mD áteresztőképességű közetek felületén, még nagy nyomáskülönbség (35 bar) esetén is az aphron bázisú öblítő közeg hatékony tömítést tud megvalósítani egy viszonylag nagy kezdeti kiszűrődést követően, 10 perc után alig veszít a térfogatából, megtörve az addig kialakult trendet. A nagyobb áteresztőképességű (kb. 1 D) közetek esetében a fluidum tömítő-képessége nem igazolható.

A kémiaiilag könnyen lebontható mikronizált cellulóz adalékanyag a hagyományos és a polimer rendszerekben alkalmazva, nagy hőmérséklet- és nyomástartományban is hatékonyan csökkenti a kiszűrődött folyadék térfogatát, a hatékonysága a koncentrációjától függ, a koncentráció növelésével eleinte jelentősen csökken a kiszűrődött térfogat, majd a koncentráció további növekedésével már csak mérsékelten csökken a vízleadás. A polimer-mikronizált cellulóz kompozíció koncentrációjának növekedésével jelentősen nő a viszkozitás.

A mikronizált cellulóz rost hatásáról az aphron alapú folyadék kiszűrődésére megállapítható, hogy a nagy

áteresztőképességű közetek esetében, ahol az aphron alapú folyadék tömítése nem megfelelő, laboratóriumi mérésekkel megtalálható az a mikronizált cellulózkeverék, amivel együtt a mikrobuborékok hatékony tömítést érnek el a közet felületén nagy nyomáskülönbségnél is. A mikronizált cellulóz ideális koncentrációja mérésekkel meghatározható. A kezdeti gyors kiszűrődés (spurt loss) alatt az iszaplepleny váza a finom mikronizált cellulózból kialakul és ezután az aphron mikrobuborékokkal együtt hatékonyan szabályozza a folyadékkiszűrődést.

Irodalom:

- [1] Bennion, D. B., Thomas, F. B.: Underbalanced Drilling of Horizontal Wells: Does It Really Eliminate Formation Damage, SPE 27352.
- [2] Bennion, D. B., Bietz, R. F., Thomas, F. B.: Formation Damage and Horizontal Wells – A Productivity Killer?, SPE 37138.
- [3] Szabó, T.: Az alulegyensúlyozott fúrás új típusú folyadéakai, XXVI. Nemzetközi Olajipari Konferencia, 2005. szeptember 22–24., Tihany.
- [4] Szabó, T.: Az alulegyensúlyozott fúrás folyadéakai, V. Geo-Ankét, 2005. november 25., Nagykanizsa.
- [5] Brookey, T.: „Micro-Bubbles”: New Aphron Drill-In Fluid Technique Reduces Formation Damage in Horizontal Wells, SPE 39589.
- [6] Ivan C. D., Growcock F. B., Friedheim J. E.: Chemical and Physical Characterization of Aphron-Based Drilling Fluids, SPE 77445.

SZABÓ TIBOR, PhD petroleum engineering, assistant professor, University of Miskolc, Petroleum and Natural Gas Institute: IMPROVEMENT OF FILTRATION OF APHRON BASED DRILLING FLUID

The author analysed the optimal selection of circulating (drilling) fluids that can pre-eminently determine the drilling efficiency, specifically focusing onto practical applicability of a special micro-bubble system

Az OMBKE internetes címeinek megváltozása

Ezúton is értesítjük tagjainkat, partnereinket, hogy **2012. július 1-jétől** megváltoztak az OMBKE titkárság e-mail címei, mivel leváltunk a MTESZ bizonytalan működésű szerveréről:

Az új internetes levelezési címek

Egyesület:

Dr. Gagyai Pálffy András:

Varga Sándorné:

Csányi Judit:

Honlap:

ombke@ombkenet.hu

gpa@ombkenet.hu

vargane@ombkenet.hu

csjudit@ombkenet.hu

www.ombkenet.hu

A korábbi „mtesz.hu” címek egy ideig még továbbra is működnek, de megbízhatatlan a működésük.

Az új postai címünk: 1051 Budapest, Október 6. u. 7.

*(Dr. Gagyai Pálffy András
ügyvezető igazgató)*

Szénhidrogén - vagyon, készlet, becslés, értékelés, minősítés...

ETO: 550.8+622.013+622.324



TRÖMBÖCZKY SÁNDOR

okl. olajmérnök, rezervoármérnök,
OMBKE-tag.

Földtani készlet, kitermelhető készlet, gazdaságosan kitermelhető készlet, bizonyított készlet, valószínű készlet, SEC készlet, SPE 1P, 2P, 3P készlet, P₉₀ készlet, C1 készlet ... stb. Sok fogalom, amit használunk, de hogy ki mit ért az egyes megfogalmazás alatt az már bonyolult kérdés. A kérdés megválaszolása nem egyszerű. A cikk, a teljesség igénye nélkül, segítséget ad a fogalmak értelmezéséhez és a gyakorlatban történő alkalmazásukhoz.

1. Alapok

A készletbecslés, készletértékelés és készletminősítés problémakörének megértéséhez három dokumentum megismerése szükséges.

(1) A „Petroleum Resources Management System (PRMS)” (49 oldal) című anyagot csaknem három éves munka után, 2007 márciusában fogadta el a Society of Petroleum Engineers (SPE) és az American Association of Petroleum Geologists (AAPG), a World Petroleum Council (WPC), valamint a Society of Petroleum Evaluation Engineers (SPEE).

(2) A „Guidelines for Application of the Petroleum Resources Management System” című útmutató (221 oldal) 2011 novemberében jelent meg.

(3) A Securities and Exchange Commission (SEC) gondozásában került kiadásra a „Modernization of Oil and Gas Reporting” címen 2009 decemberében a témával kapcsolatos egységes szerkezetű előírás. A 161 oldalas anyag jelentős része a készletértékelés és kategorizálás kérdésével foglalkozik.

Az anyagok a készletértékelés teljes folyamatát tekintik át. Jelen cikk alapvetően csak a készletbecslés műszaki folyamatával foglalkozik,

az értékelés gazdasági kérdéseit csak érinti. Az értelmezéseknél és a vizsgálatoknál fontos szempont, hogy minden szénhidrogén-előfordulás egyedi eset, így az előírások csak részben általánosíthatók, tehát nagy szabadságfokot engednek meg a készletértékelőknek. Ez a szubjektivitás teszi lehetővé, hogy különböző céloknak megfelelően más-más értékelés készíthető.

2. A szénhidrogénvagyon osztályozása a PRMS szerint

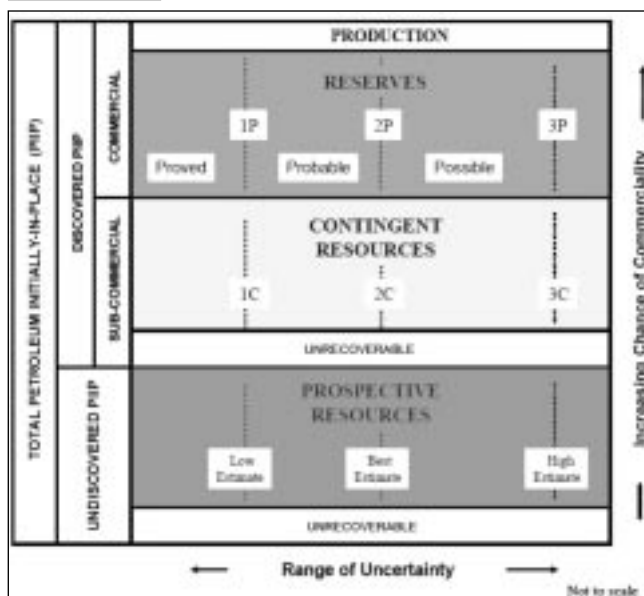
Egy terület, blokk vagy régió teljes szénhidrogénvagyonára értelmezett kategorizálás elvi szerkezeti felépítését mutatja be az 1. ábra.

Az ábrában az angol nomenklátúra magyar nyelvre történő fordításánál és értelmezésénél jelentkezik az a probléma, hogy a hazai gyakorlatban használt kifejezések nem felelnek meg az angol értelmezésnek. A hazai gyakorlatban a kezdeti földtani vagyon elnevezés felel meg a dis-

covered petroleum initially-in-place fogalomnak. A kezdeti földtani vagyon tovább kategorizálható a kereskedelmi és bizonytalansági szempontoknak megfelelően. A vagyon kitermelésére tervezett mezőfejlesztési projekt, projektek kereskedelmi lehetősége (Chance of Commerciality) szerint lehet a vagyon egy része készlet (reserves), illetve feltételes vagyon (contingent resources).

A készlet tehát a földtani vagyon azon (előrelátott) meghatározott része, amely kereskedelmileg értékesíthetően kitermelhető az alkalmazott mezőfejlesztési projekt keretén belül.

1. ábra



A PRMS szerint a „készlet” fogalmának négy kritériumot kell kielégítenie, úgymint: 1. felfedezett; 2. kitermelhető; 3. kereskedelmi és 4. jövőbeni – perspektivikus – hasznosítás lehetőségei. Látszólag ezek a feltételek magától érthetőek, azonban értelmezésük már nem ilyen egyszerű. Részletesen vizsgálni kell az előfordulás felfedezésének állapotát. Megfelelően igazolni kell a mozgóképes szénhidrogén szignifikáns mennyiségét és annak gazdaságos, kereskedelmileg értékes kitermelhetőségét.

A feltételes vagyon a kezdeti földtani vagyon azon becsült része, amely potenciálisan kitermelhető, de a mezőfejlesztési projekt még nem megfelelően érett, egy vagy több műszaki vagy kereskedelmi ok miatt. A kutatás kezdeti állapotában a felfedezett vagyont, feltételes vagyonként kell besorolni. A feltételes vagyon egy része vagy egésze válhat készletté az ismeretek bővülésével.

A felfedezett kitermelhető feltételes vagyon átminősítése készletté akkor lehetséges, ha az megfelel a kereskedelmi kitermelhetőség következő feltételeinek:

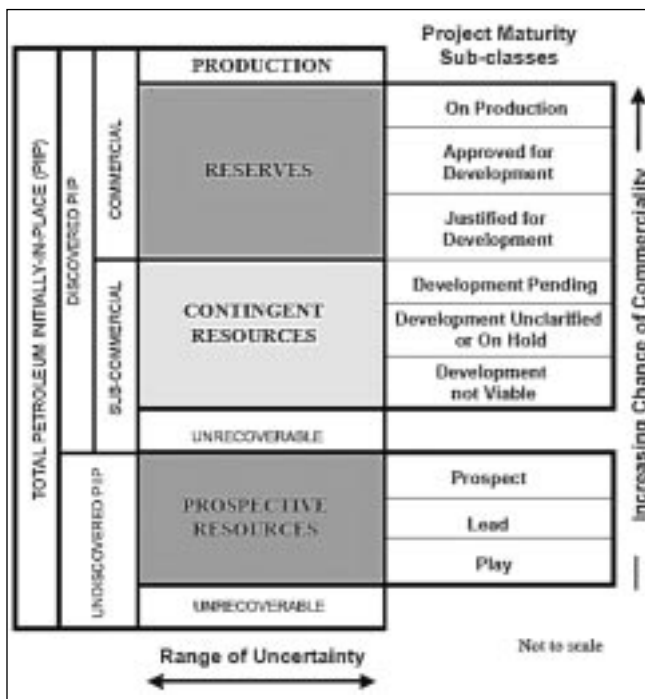
- bizonyított a mezőfejlesztés ésszerű időn (~5 év) belüli megvalósítása;
- megfelelő gazdasági eredmény várható;
- ésszerű elvárás az értékesíthetőségre (piaci környezet);
- bizonyíték a megfelelő termelési és szállítási lehetőségekre, vagy azok létrehozására;
- bizonyíték arra, hogy jogi, szerződéses, környezetvédelmi és egyéb szociális és gazdasági kérdések lehetővé teszik a tényleges megvalósítást.

Egy olyan felfedezett földtani vagyon, amely a jelenlegi technológiai és kereskedelmi feltételek mellett nem ítéltető kitermelhetőnek, csak felfedezett, nem kitermelhető vagyonként sorolható be.

Ez a vagyon vagy annak egy része a kereskedelmi és technológiai feltételek változásával feltételesen kitermelhető vagyonná változtatható. A készletbecslés bizonytalansági tartományának megfelelő kategorizálást a későbbiekben fogom elemezni és értelmezni. Ezt megelőzően fontos még néhány gondolatot és meghatározást vizsgálni a készletek kitermeléséhez szükséges mezőfejlesztési projektek státuszára vonatkozóan. A PRMS a következő 2. ábra szerint javasolja osztályozni a projekteket fejlettségi állapotuk alapján.

Készletként csak az olyan vagyon minősíthető, amely már megvalósított, jóváhagyott vagy indokolt fejlesztési projekttel rendelkezik. Az indokolt fejlesztés azt jelenti, hogy a projekt minden tekintetben megfelel a megvalósítás műszaki-gazdasági feltételeinek, de döntés még nem született a kivitelezésére. A feltételes vagyon esetében egyértelmű, hogy a mezőfejlesztési projekt még nem életképes, azaz vagy tisztázatlanok a feltételek, vagy valamilyen okból függőben van tartva.

2. ábra



3. A szénhidrogénkészletek kategorizálása

A szakmai gyakorlatban a szénhidrogénvagyon becslését determinisztikus vagy valószínűségi módszerek alkalmazásával szokták elvégezni. Első lépésként a kezdeti földtani vagyon (Petroleum Initially-In-Place = PIIP) becslését kell elvégezni. A determinisztikus módszer alkalmazása esetén az egyes paraméterek diszkrét értékeit felhasználva végezhető el a becslés. Természetesen ebben az esetben is több változatban végezhető el a becslés, de az így kapott eredmények mindig diszkrét értékként kezelendők (Min., Közép, Max. értékként értelmezett PIIP mennyiségek). A valószínűségi modell alkalmazása esetén az egyes paraméterek valószínűségi eloszlását feltételezve végezhető el a számítás. A számítások eredményeként a vagyonnak a tárolószervezetben történő valószínűsített teljes eloszlását határozzák meg a valószínűség függvényében (P_{10} , P_{50} , P_{90} , kitüntetett értékekhez tartozó PIIP mennyiségek).

Egy előfordulásból kitermelhető mennyiség becslése a következő módszerekkel végezhető el:

- analógia alapján becsült kihozatali tényezővel;
- egyszerű rezervoármérnöki összefüggések alapján;
- anyagmérleg számításokkal;
- rezervoár szimulációs számításokkal.

A kutatás és a mezőfejlesztés korai szakaszában végzett becslések még nagy bizonytalansággal rendelkeznek a megbízható információk és a termelési tapasztalatok hiánya miatt. A termelési tapasztalatok birtokában azonban egyre nagyobb megbízhatósággal alkalmazhatók a teljesítményen alapuló módszerek.

A különböző módszerek alkalmazása az eredmények sorát adja meg, amelyek tükrözik a bizonytalanságot a földtani vagyonban és a kitermelhető mennyiségben. A becslést, értékelést végző szakember(ek) tudása és szakmai tapasztalata szükséges a készletek minősítéséhez, kategorizálásához.

4. Bizonyított készlet (Proved Reserves)

PRMS szerint: *(1P) Proved Reserves are those quantities of petroleum, which by analysis of geoscience and engineering data, can be estimated with reasonable certainty to be commercially recoverable, from a given date forward, from known reservoirs and under defined economic conditions, operating methods, and government regulations. SEC szerint: Proved oil and gas reserves are those quantities of oil and gas, which, by analysis of geoscience and engineering data, can be estimated with reasonable certainty to be economically producible-from a given date forward, from known reservoirs, and under existing economic conditions, operating methods, and government regulations.*

A fenti eredeti angol szövegnek a hazai gyakorlati alkalmazásba történő átvételéhez szükséges fordítása véleményem szerint addig nem lehetséges, amíg nem történik meg az angol fogalmak egyértelmű értelmezésének, definíciójának magyarra történő adaptációja. Az angol szövegben szereplő két előírás semmiben nem különbözik egymástól a műszaki követelményeket illetően. A gazdasági követelmények eredményeznek különbséget a két értékelési metodika között. Az ésszerű megbízhatóság nagyfokú megbízhatóságot jelent arra nézve, hogy a becsült mennyiség kitermelhető lesz. Valószínűségi modell alkalmazása esetén ez a 90%-os valószínűséghez tartozó érték. Ez azonban még nem jelenti azt, hogy a valószínűségi modell 90%-hoz tartozó értéke minden további megfontolás nélkül adja a bizonyított készletet. A kérdésben az értékelést végző szakember hozza meg a döntést az ésszerű megbízhatóság megítélésére. A bizonyított készletként történő minősítés alapkövetelménye, hogy a terület legyen körülhatárolt fűrésszel és fázishatárral. A nem fűrészt terület csak akkor minősíthető bizonyítottnak, ha minden geológiai és rezervoármérnöki adat igazolja az összefüggést a fűrészt területtel. Ha a fázishatár nem ismert, akkor a legmélyebb ismert szénhidrogénmélység fogadható el. A szeizmikus adatokból származó érték önmagában nem fogadható el.

A SEC értelmezésében szerepel a következő: az ésszerű megbízhatóság azt feltételezi, hogy a jövőben várható információk sokkal inkább a mostani becslés növekedését fogják okozni, mint annak csökkenését. Érdemes és szükséges megjegyezni, hogy a SEC elő-

írások (szabályok) a készletté történő minősítés feltételeként szigorúbb gazdasági kritériumot tartalmaznak a PRMS szabályainál. Az SEC definíció szerint a készletté minősítés elengedhetetlen szükséges feltétele a gazdasági eredményesség (profit) – a jelenlegi árak és költségek mellett. Az előzőekből következik, hogy egy vállalat a PRMS előírásai szerint sokkal rugalmasabban kezelheti a saját készletértékelési és projektértékelési rendszerében a minősítési feltételeket.

5. Valószínű készlet (Probable Reserves)

PRMS szerint: *(2P) Probable Reserves are those additional Reserves which analysis of geoscience and engineering data indicate are less likely to be recovered than Proved Reserves but more certain to be recovered than Possible Reserves. SEC szerint: Probable reserves are those additional reserves that are less certain to be recovered than proved reserves but which, together with proved reserves, are as likely as not to be recovered.*

Az idézett két megfogalmazás filozófiájában tér el. A SEC szerint a bizonyított és valószínű készlet együttes mennyisége nem valószínű, hogy kitermelhető. Valószínűségi modell alkalmazása esetén az 50%-os valószínűséghez tartozó értékhez rendelhető ez a minősítés. A valószínű készletekhez lehet sorolni a bizonyított készletekhez csatlakozó területek készletét, ahol a becslési paraméterek nem felelnek meg az ésszerűen elfogadható megbízhatóságnak, valamint ide lehet sorolni a bizonyított készlettel rendelkező területen várható hatékonyságnövekedés becsült eredményét is.

6. Lehetséges készlet (Possible Reserves)

PRMS szerint: *(3P) Possible Reserves are those additional reserves which analysis of geoscience and engineering data indicate are less likely to be recoverable than Probable Reserves. SEC szerint: Possible reserves are those additional reserves that are less certain to be recovered than probable reserves.*

A fentiekben olvasható két megfogalmazás gyakorlatilag megegyezik. Valószínűségi modell alkalmazása esetén a 10%-os valószínűséghez tartozó értékhez rendelhető ez a minősítés. Ide sorolható minden olyan készlet, amely nagy bizonytalansággal kitermelhető az adott területről, a területet magába foglaló mezőfejlesztési projekt megvalósítása révén (Pl.: vetővel elválasztott terület, a bizonyítottnál magasabban, mélyebben elhelyezkedő vagyonok, magasabb kihazatali tényező stb.). A teljes (3P) készletre készített mezőfejlesztés az egyes projektek összehasonlítását, rangsorolását könnyíti meg.

Az előző, csupán vázlatos ismertetés alapján is látható, hogy a szénhidrogénvagyon becslése, készletté

történő minősítése és a készletek kategorizálása bonyolult, nagy szakértelmet és tapasztalatot igénylő feladat.

7. Gyakorlati példa

7. 1. A kezdeti földtani vagyon becslése

Az esettanulmány egy kúttal feltárt egytelepes, telítetlen, nehéz kőolajat tároló fiktív előfordulásra készült. Alapadatok: a szeizmikus mérések alapján jól térképezhető, vetőmentes, repedezett mészkőréteg, kezdeti földtani vagyonának (PIIP, OOIP) meghatározása Monte Carlo-módszerrel történt. A kútgeofizikai mérés értelmezése szerint a telep talpi víztesttel rendelkezik (a VOH kijelölhető). A legmélyebben megnyitott perforáció a VOH-on helyezkedett el és tiszta olajtermelést eredményezett. Az egy lefűrt és két rétegvizsgálattal kivizsgált kút mérési eredményei alapján nem állnak rendelkezésre megbízható adatok a tárolt kőolaj PVT tulajdonságaira.

Az egyszerűség kedvéért a példában csak az olajvagyont értékeli foglalkozom.

A számítások végeredményét – a 10–50–90%-os valószínűséghez tartozó kezdeti földtani vagyonértékeket – az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Az olajtelep kezdeti földtani készlete

OOIP (Mm ³)	P ₉₀	P ₅₀	P ₁₀
	50	100	170

A P₉₀ jelölés azt jelenti, hogy 90% a valószínűsége annak, hogy a kezdeti földtani kőolajvagyont 50 Mm³, vagy annál nagyobb. A P₉₀ jelölés azonban nem jelenti a bizonyított földtani vagyont, ilyen értelmezés nincs a PRMS szerint.

7. 2. A kihozatal becslése anyagmérleg-számításokkal

Az adott ismertségi szinten az anyagmérleg-számításokkal történő becslés elvégzése a legjobb megoldás a kitermelhető vagyon becslésére. A korszerű anyagmérleg-szoftverek gyorsak, és minden a művelési folyamatot befolyásoló lényeges paramétert figyelembe tudnak venni. Kiindulási alapinformációk: az előfordulás közelében korábban feltárt, hasonló geológiai felépítésű mezőknél nem tapasztaltak érdemi vízbeáramlást. Ezért az analóg mezők tapasztalatai alapján a kimerüléses működési mechanizmus érvényesülése elfogadható feltételezés. A termelt olaj sűrűsége 950–980 kg/m³, az oldott gáz-olaj tartalom (GOV) 5–25 m³/m³ közötti értékeket adott a mérések szerint. A rétegvizsgálatok során végzett mérések szerint 3–10 bar depresszió mellett 400–600 m³/nap hozamot mértek. Ezek szerint a kút rendkívül jó beáramlási viszonyokkal ren-

delkezik a nagy áteresztőképességgel rendelkező repedezett mészkőrétegből. A termelőkútban a bűvárszivattyú perforáció mélységébe való beépítése esetén 15 bar felhagyási nyomásig biztosítható az elfogadható nagyságú folyadéktermelési ütem. (Kedvező körülmények feltételezése.)

Az előző információkat és az egyéb nem részletezett megfontolásokat figyelembe véve a következő kiinduló adatokkal történtek a számítások:

Kezdeti olajkészlet: 100 Mm³

Olajsűrűség: 965 kg/m³

Oldott gáztartalom: 5–25 m³/m³

Kezdeti rétegnomás: 380 bar

Réteghőmérséklet: 107 °C

Kőzetkompresszibilitás: 1–10*10⁻⁵ bar⁻¹

Kezdeti víztelítettség: 25%

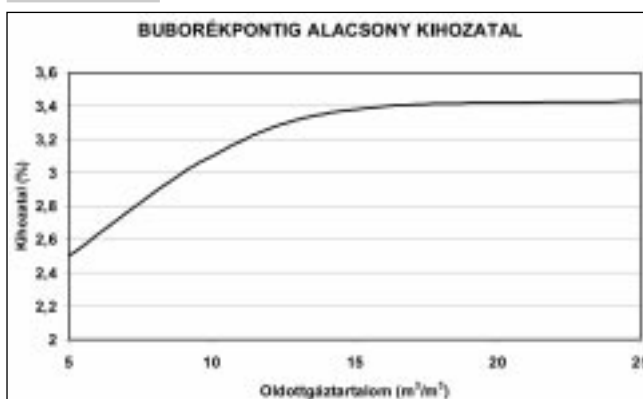
Nem mozgóképes gáztelítettség: 0–10%

Felhagyási nyomás: 15 bar

A PVT tulajdonságok és az olaj viszkozitásának számítására számos szakirodalomban ismert módszer van. A programok a bemenő adatok alapján és irodalmi összefüggések felhasználásával kiszámolják a telítetlen olaj tulajdonságait (P_b, B_o, μ_o).

A buborékponti nyomás eléréséig az olaj rugalmas kiterjedése és a kőzet/póruster rugalmas alakváltozása biztosítja a kiszorítási energiát. A sok változatban elvégzett számítások lényeges eredményeit szemlélteti a

3. ábra



4. ábra



3. és 4. ábra. Az ábrák szerint a buborékpontnyomás eléréséig 2,5–5% kihozatal érhető el. A buborékpont alatt az olajból kiváló gáz kiterjedése a fő kiszorító energia. A buborékponti nyomás elérésekor az olajból elkezd kiválni az oldott gáz, elfoglalva a pórusterfogot egy részét. A további nyomáscsökkenés alatt egyre több gáz válik ki és a nyomáscsökkenés következtében egyre nagyobb térfogatot foglal el a pórusterből, így egyre több olajat szorít ki onnan. Ez a folyamat addig tart, míg a kivált gáz elkezd mozogni a tárolóban és megkezdődik a gáz kitermelése.

Természetesen az anyagmérleggel történő modellezés is csak elméleti megközelítésre alkalmas. Ez a modell nem tudja figyelembe venni a tároló repedezettségét, inhomogenitását, valamint a kútkörnyéken lejátszódó folyamatokat. Ha a teljes kimerülési művelési folyamat minden paramétere kedvezően alakul, a végső kihozatal elérheti a 16%-ot az 5. ábra szerint.

5. ábra



A számítások részletes eredményei megadják a teljes művelési folyamat paramétereinek alakulását az idő függvényében. Az eredmények bemutatása nem szükséges a kitermelhető mennyiségek becsléséhez és készletek kategorizálásához.

A készletté történő minősítés feltétele, a gazdasági követelményeknek történő megfelelés. Gazdasági számításokat nem végeztem, a minősítés elvégzéséhez feltételeztem, hogy a projekt, a követelményeknek megfelelően gazdaságosan megvalósítható, és döntés született a projekt megvalósítására, tehát a becsült kitermelhető mennyiségek készletté minősíthetők.

7. 3. A becsült készletek kategorizálása

Az elvégzett anyagmérleg számítások alapján, a megbízhatóan nem ismert, buborékpont nyomásig elérhető kihozatal ésszerű megbízhatósággal 3,5%-nak fogadható el (90% a valószínűsége annak, hogy a végső kihozatal egyenlő vagy nagyobb, mint 3,5%=E₉₀).

A buborékponttól a felhagyási nyomásig (15 bar) érvényesülő oldottgázhajtásos kimerülés esetén elérhető

a 15%-os végső kihozatal, amelynek megvalósulási valószínűségét 50%-ra becsülöm (50% a valószínűsége annak, hogy a végső kihozatal egyenlő vagy nagyobb, mint 15% = E₅₀).

A kezdeti földtani vagyon és az elérhető végső kihozatal valószínűségi kategóriáit független eseményként kezelve elvégezhető a készletek becslése és kategorizálása. (Pl.: 90% annak a valószínűsége, hogy az OOIP értéke 50 Mm³ és 50% a valószínűsége annak, hogy a végső kihozatal értéke 15%. A két esemény együttes bekövetkeztének valószínűsége ebben az esetben 0,9 x 0,5 = 0,45, azaz 45%.)

A fenti, szubjektív elveknek megfelelő becslés szerint a kitermelhető olajmennyiségek a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat: A kitermelhető olaj mennyisége

OOIP (Mm ³)	P ₉₀		P ₅₀		P ₁₀	
	50		100		170	
Kihozatal (%)	E ₉₀	E ₅₀	E ₉₀	E ₅₀	E ₉₀	E ₅₀
	3,5	15	3,5	15	3,5	15
Kitermelhető olaj (Mm ³)	1,75	7,5	3,5	15	5,95	25,5

A minimális és maximális érték között csaknem 15-szörös az eltérés. A készletértékelést végző szakember számára most jött el a nagy kérdés: mekkora az egyes kategóriáknak megfelelő készletnagyság? (Mennyi? Mi mennyi?) A kérdésekre adandó/adható válasz – azaz a kitermelhető mennyiségek minősítése – különböző szempontoknak megfelelően határozható meg.

7. 4. Reális becslés

A reális becslésnek azt a célt kell szolgálnia, hogy az előfordulás tulajdonosa az adott ismertségi szinten meglévő kockázatokat figyelembe véve és a várható gazdasági eredmények alapján megbízható, jó döntést tudjon hozni a projekt jövőjére vonatkozóan (3. táblázat).

3. táblázat: Reális becslés

Kitermelhető olajkészlet	1P	2P	3P
	millió m ³		
	1,75	3,50	15,0

Az 1P készlet esetén várható, hogy az ésszerű megbízhatósággal becsült legkisebb földtani vagyonból (P₉₀), ésszerű megbízhatósággal kitermelhető a becsült minimális kihozatalnak (E₉₀) megfelelő mennyiség.

A jelenlegi ismertségi szinten elvégzett becslési adatok és az előfordulás jellemzői alapján nem javasolható (szubjektív értékelői vélemény szerint!) az 1P készlet SEC-előírásoknak megfelelő bizonyított készletként történő minősítése. Az információk bővülése esetén

nagy valószínűséggel a jelenlegi értéknél jóval nagyobb érték lesz bizonyított készletként minősíthető. A 2P készlet kitermelése nagy valószínűséggel (P_{45}) megvalósítható a P_{50} -es földtani vagyomból, a 90% valószínűséggel megvalósíthatónak becsült kihozattal. A 3P készlet kitermelésének valószínűsége lényegesen kisebb, mint a 2P készleté. Ebben az esetben a P_{50} -es földtani vagyomból – a jelenlegi információk mellett csak nagy bizonytalansággal várható – kedvező kihozatali tényező megvalósulási feltételeinek a teljesítése szükséges.

7. 5. Konzervatív becslés

A szigorú szemléletű becslés célja lehet a nyilvános közlésre szánt adatok meghatározása. Ebben az esetben célszerű azt a megfontolást alkalmazni, hogy az információk bővülése esetén a jövőben készítendő becslések eredménye csak nagyobb lehet a jelenleginél (4. táblázat).

4. táblázat: Konzervatív becslés

Kitermelhető olajkészlet	1P	2P	3P
	millió m ³		
	0,0	1,75	3,5

Ez esetben a becslésnél csak az ésszerű megbízhatósággal megvalósítható kis kihozattal vettem figyelembe a P_{90} és P_{50} földtani vagyomra vonatkoztatva. Így nagy biztonsággal elkerülhető a készletek jövőbeni csökkentése, ami sok problémát okozhat a tulajdonos cég megítélésében.

7. 6. Optimista becslés

Az optimista szemléletű becslés célja lehet az előfordulás értékesítésre történő felajánlása, vagy a mező-fejlesztéshez partnerkeresés. A bemutató anyagban ezek az adatok szerepeltethetők (5. táblázat).

5. táblázat: Optimista becslés

Kitermelhető olajkészlet	1P	2P	3P
	millió m ³		
	1,75	7,5	15

A 2P és 3P készletek becslésénél a jelenleg nagy bizonytalansággal feltételezhető nagyobb kihozatal is figyelembe vehető a P_{50} és P_{90} jelű földtani készletekre.

7. 7. Maximalista becslés

Szélső (nem publikus) esetként kezelendő. A jelenlegi információk alapján, nagyon kis valószínűséggel bekövetkező változat. Célja lehet, hogy az ezekre az adatokra készített mezőfejlesztési tervben felmérjék a projekt megvalósításához szükséges maximális fejlesztési igényeket és a maximálisan várható eredményeket. Segítséget adhat stratégiai döntésekhez (6. ábra). A jelenlegi ismertségi szinten ezek az eredmények csak akkor várhatók, ha a jövőben minden geológiai és rezervoármérnöki paraméter az optimális eredményeket adó feltételeknek fog megfelelni.

6. táblázat: Maximalista becslés

Kitermelhető olajkészlet	1P	2P	3P
	millió m ³		
	7,5	15	25,5

8. Összefoglaló

A PRMS egy olyan szemléletű módszertani útmutató, ahol maga a projekt képviseli a kapcsolatot a szénhidrogén-felhalmozódás, a döntési folyamat és a költség allokáció között. A szénhidrogénvagyom becslése és a készletek kategorizálása minden esetben csak jellemző bizonytalansággal végezhető el. A becslés, a minősítés és a kategorizálás minden esetben szubjektív folyamat és nagy szakmai tapasztalatot igénylő feladat. A korszerű számítási eljárások mechanikus alkalmazása jelentős hibát eredményezhet. A feladat megoldása több szakterület együttműködésével valószínűsíthető csak meg, de a felelősséget minden esetben a csoportot vezető személynek kell vállalnia.

A PRMS következetes alkalmazása elősegíti a fejlesztési projektek megbízhatóbb összehasonlítását, és megbízhatóbb előrejelzését teszi lehetővé a teljes vállalati termelésnek.

Irodalom

- [1] Petroleum Resources Management System (PRMS) 2007.
- [2] Guidelines for Application of the Petroleum Resources Management System 2011.
- [3] Securities and Exchange Commission (SEC): Modernization of oil and gas reporting 2009.

TRÖMBÖCZKY SÁNDOR dipl. of petroleum engineering: **HYDROCARBON RESOURCES AND RESERVES, ESTIMATION, EVALUATION, QUALIFICATION**

Initial reserve in-place, recoverable reserve, commercially recoverable reserve, proven reserve, probable reserve, SEC reserve, SPE 1P, 2P, 3P reserve, P₉₀ reserve, C1 reserve ...etc. Several terms we often use but it is quite complex what we mean by these terms. It is fairly difficult to answer the question. The article, without striving for completeness, gives guidance and helps in interpreting the terms and applying them in practical life.

A feltöltéses nyomásemelkedési módszer alkalmazhatósága a nem hagyományos gázelőfordulásoknál

ETO: 622.279+622.324



DR. MEGYERY MIHÁLY

olajmérnök, kandidátus,
szakértő, MGE, MGTÉ,
OMBKE- és SPE-tag.

A feltöltéses nyomásemelkedés mérési módszert hidrosztatikus vagy túlnyomásos telepekből kis hozammal és nagy depresszióval termelő kutak termelőképességének meghatározására dolgoztuk ki. Az eljárás magyar szabadalmat kapott. A termelő kút leállítása után a feltöltés biztosítja a teljes folyadéktelítettséget, megakadályozva ezzel a kútba való további fluidum belépést, a talpi zárásnak megfelelő nyomásemelkedést ad. Előnye, hogy bármilyen kútszerkezet mellett megvalósítható, és az, hogy a kútban lévő folyadékoszlop közvetíti a felszínre a talpnyomás változását, ott az megmérhető. A felszíni nyomásadatok alapján a további műveletek előkészíthetők.

Bevezetés

Több ezer szénhidrogén-kutató és -feltáró kút hidrodinamikai vizsgálatában és azok értékelésében vettem részt. Munkám során bekapcsolódtam a geotermikus és a szén-metán kutak vizsgálatába is. A nagy radioaktivitású hulladék elhelyezését célzó kutatások során tapasztalatokat szereztem a rendkívül kis áteresztőképességű Bodai Aleurolit Formáció hidrodinamikai vizsgálatában.

A hagyományos szénhidrogéntelepek kutatásának célja a jó termelőképességű telepek megtalálása és termelésbe állítása. Ezeket a telepeket a megnyitó kutak többségénél a kútfejzárással mért nyomásemelkedési görbék a klasszikus határfeltételek (köztük a talpi zárás) mellett értékelhetőek voltak. Ezeknek a telepeknek a kutatása és feltárása azonban találkozik nagy depresszióval termelő, kis hozamú olaj- és gáztermelő kutakkal is, ahol a kútfejzárással mért nyomásemelkedésmérést zavarta, sokszor az értékelést lehetetlenné tette, a kútfejzárást követően a kútba áramló fluidum, az ún. utánáramlás.

A szakirodalomban számos meg-

oldást közöltek az utánáramlástól zavart nyomásemelkedési adatok értékelésére. Azonban a zárás után bekövetkező jelentős, 15 MPa-t meghaladó, nyomásemelkedés alatt, a kútkörzet tárolóközetében átteresztőképesség-változás következik be. Ezzel a megoldások nem számolnak, így a vizsgált tárolóréseket minősítéséhez nem tudtak hidrodinamikai alapot adni. A feltöltéses mérések bevezetése előtt a rétegek termelőképességét sok esetben rétegkezeléssel kísérelték megismerni, kevés sikerrel.

Az utánáramlás kiküszöbölésére kidolgozott feltöltéses nyomásemelkedésmérési eljárás magyar szabadalmat kapott (1968). Az eljárás szerint a kút leállítása után folyadékkal való feltöltés biztosítja a teljes folyadéktelítettséget, kizárva ezzel a kútba való további fluidumbelépést, a talpi zárással azonos értékű nyomásemelkedést ad. Előnye, hogy bármilyen kútszerkezet mellett megvalósítható, és az, hogy a kútban lévő folyadékoszlop közvetíti a felszínre a talpnyomás változását, és az ott is megmérhető (Szilas, 1959). A felszíni nyomásváltozás alapján operatív döntések hozhatóak.

A feltöltéses nyomásemelkedésmérés alkalmazható a hidrosztatikus nyomású és a túlnyomásos telepeket megnyitó kutaknál. Az eljárást korábbi publikációimban (1971, 1979, 1996, 2011) már ismertettem, és mintapéldákon szemléltettem a kapott rétegpáraméterek és a kútmunkálatok eredményei közötti korrelációt.

Az 1964–2001 között végzett 515 feltöltéses mérés eredményeit adatbázisba foglaltam, és elemeztem. Az elemzésből levonható, általánosítható tapasztalatokat az alábbiakban foglalom össze.

A kútáramok jellemző fázisa alapján a vizsgálatokat olaj-, gáz-, és víz-fázis szerint csoportosítottam. A fázismegoszlások: olaj 226 mérés, gáz 121 mérés, és víz 168 mérés.

Az összesített eredmények azt mutatják, hogy az 515 mérésből 341 (66,2%) mérésnél a feltöltések után értékelhető nyomásemelkedést kaptunk, 30 (5,8%) mérés kúthiba és/vagy a feltöltés hibás kivitelezése miatt nem adott értékelhető eredményt, ide soroltuk a feltöltés után nyomásemelkedést adó, de értékelhetetlen vizsgálatokat is. 144 (28,0%) mérésnél a kút feltöltése után nyomáscsökkenést kaptunk, és ez a jelenség, mérési-értékelési hibahatáron belül úgy olajat és gázt termelő, valamint vízbeáramlást adó vizsgálatoknál ta-

pasztalható volt. Ezek a teleprészek nem voltak termelésbe állíthatóak. Lehetséges, de nem valószínű, hogy a feltöltés utáni nyomáscsökkenés helyi sajátosság, így ez a jelenség a nem hagyományos gáztelepek feltárásánál is hasznos segítséget adhat a kutak rétegkezelésre való kiválasztásánál.

A 121 gázvizsgálatból értékelhető 75 mérés áteresztőképesség-középértéke $0,046 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$, a termelési depressziók középértéke 29,3 MPa. Ez Holditch (2006) szerint a „Tight gas” és a márgagáz áteresztőképesség tartományok közé esik, mutatva, hogy a feltöltési módszer alkalmas ezen előfordulások vizsgálatára. A kezelések előtti rétegparamétereket adó vizsgálatok megalapozzák a rétegkezelések tervezését, a korlátozott utánpótlást mutató tárolórészeknél célszerű figyelembe venni tapasztalatainkat. A kezelések utáni mérések mutatják a befolyásolt tárolórész hidrodinamikai viszonyait.

A nagy különbség a hagyományos gáztelepek és a nem hagyományos gázelfordulások kútjainak vizsgálata között az, hogy míg a hagyományos telepek feltárásánál a kis hozammal és a nagy depresszióval való termelés nem kívánatos, addig a nem hagyományos gázelfordulásoknál az alacsony termelési ütem az ilyen telepek velejárója (Miskimins, 2009).

Kísérletek az utánáramlástól zavart nyomásemelkedések értékelésére

Az utánáramlástól zavart nyomásemelkedések megbízható értékeléséhez jelentős érdek fűződött és a feladat vonzó volt, így mind a szovjet, mind az amerikai tudományos életből kiemelkedő személyiségek kísérelték meg a probléma megoldását.

Gladfelter et al. (1955) közleménye óta számos módszert dolgoztak ki és ajánlottak az olajkutak utánáramlástól zavart nyomásemelkedési görbéinek értékelésére. A tárgykörben megjelent szovjet tanulmányok: Barenblatt et al. (1957), Tcharnyy et al. (1957), Borisov (1958), Shtchekalyuk (1958), Trebin et al. (1958), Shtchekalyuk (1964), Kundin (1970).

Az amerikai közlemények: Russel (1966), Agarwal et al. (1970), Ramey (1970), Wattenbarger et al. (1970), Mc Kinley (1971), Earlougher et al. (1974), Raghavan (1976), Gracia-Riviera et al. (1977).

Egy vizsgált témakör mintapéldái mutatják azokat a körülményeket, ahol a szerzők módszerük alkalmazásától jó eredményt várnak. Figyelemreméltó, hogy a megjelent példák termelési depresszióinak ($p_{\text{wst}} - p_{\text{wf}}$) átlaga 2,8 MPa, $30 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ átlagos áteresztőképességgel és -3,1 szkinnel ($r_{\text{we}} = 2\text{m!}$). Ez az áteresztőképesség a 4. ábra felső szegmensébe helyezhető. Megjegyzem, hogy a tranziens nyomásváltozások értékelésével foglalkozó szakirodalom mintapéldáinál közölt áteresztőképességek döntő többsége szintén oda sorolható.

Elemelve a módszereket, megállapítottam (1971, 1979), hogy ezek nem alkalmazhatók a nagy depresszióval termelő kishozamú kutakon mért nyomásemelkedések értékelésére. Hasonló következtetésre jutott Kundin (1975). Megállapításai megerősítették feltételezésemet, hogy az utánáramlást számításba vevő módszerek korlátozott alkalmazhatóságának oka a termelés leállítása után bekövetkező szkinváltozás. A fent felsorolt közlemények az utánáramlás alatt a szkin állandónak tételezték fel.

A kútfejzárás után több tényező együttes hatása okozza a szkin változását, így:

- a turbulens áramlás sugarának változása,
- a kút közvetlen környezetében a telítettségek megváltozása,
- a kútkörzet közetfeszültség-csökkenése következtében létrejövő áteresztőképesség növekedés (Tóth et al. 1988).

Mivel a szkinváltozás folyamata megbízhatóan nem számítható, ezért nem képezheti alapját értékelési módszer kidolgozásának.

A nyomásemelkedés alatt változó szkin mellett kialakuló utánáramlás az alábbi módon jellemezhető. A kútfejzárásig a kút megközelítően állandó ütemmel és szkinrel termel. A zárás pillanatában a kútba áramló fluidum (= az utánáramlás kezdeti üteme) számíthatóvá teszi a kútban lévő folyadék-gáz rendszer kezdeti kompresszibilitását, a kúttárolási tényezőt (Ramey, 1976). A nyomásemelkedés folyamán a csökkenő utánáramlási ütem és a nyomásemelkedés következtében a szkin változik. A szkin változása hatással van a kúttalp nyomásváltozására, ami visszahat az utánáramlás ütemére és a tároló nyomásváltozására is. Megállapítható, hogy az utánáramlás ütemét és annak időbeli változását három tranziens folyamat határozza meg:

- nyomásváltozás a tárolóban,
- a kútban lévő fluidum változó kompresszibilitása,
- a változó szkin.

Az utánáramlástól befolyásolt nyomásemelkedés szakaszokat elemezve azt tapasztaltam (1979), hogy a vizsgált esetekben a szkin változott. Linger (1994) is erre a következtetésre jutott.

A feltöltési nyomásemelkedés-mérések elemzése

Az adatbázis

1964–2001 között 515 feltöltési mérést végeztünk.

Az feltöltési mérések évenkénti számát az 1. táblázat tartalmazza. Az idő függvényében a vizsgálatok számát és a beáramlások fázismegoszlását az 1. ábra szemlélteti. A vizsgálatok eredményeinek együttes elemzéséhez adatbázisba foglaltuk az 515 feltöltési vizsgálat mért és értékelt adatait.

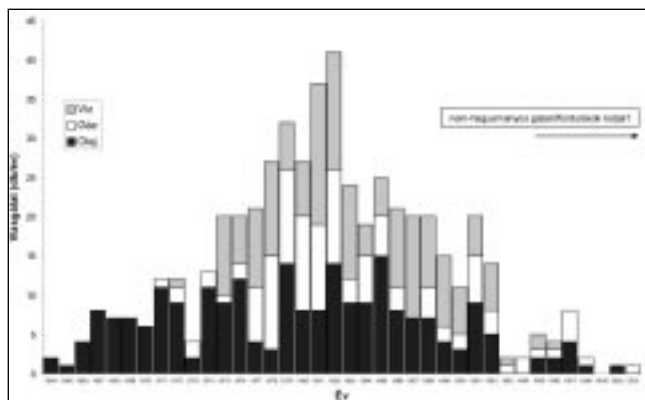
1. táblázat: A feltöltéses műveletek száma

Év	Olaj	Gáz	Víz	Összesen
1964	2			2
1965	1			1
1966	4			4
1967	8			8
1968	7			7
1969	7			7
1970	6			6
1971	11	1		12
1972	9	2	1	12
1973	2	2		4
1974	11	2		13
1975	9	1	10	20
1976	12	2	6	20
1977	4	7	10	21
1978	3	12	12	27
1979	14	12	6	32
1980	8	12	7	27
1981	8	11	18	37
1982	14	12	15	41
1983	9	3	12	24
1984	9	6	4	19
1985	15	5	5	25
1986	8	3	10	21
1987	7		13	20
1988	7	4	9	20
1989	4	2	9	15
1990	3	2	6	11
1991	9	6	5	20
1992	5	3	6	14
1993		1	1	2
1994		2		2
1995	2	1	2	5
1996	2	1	1	4
1997	4	4		8
1998	1	1		2
1999				0
2000	1			1
2001		1		1
Összesen	226	121	168	515

Az adatbázis táblázata oszloponként az alábbi adatokat tartalmazza:

1. sorszám, 2. vizsgálat jele, 3. dátum (időrendben), 4. és 5. a vizsgált szakasz mélységintervalluma, 6. olaj- vagy kondenzátumtermelés, 7. gáztermelés, 8. víztermelés, 9., 10., 11. termelési termelőcső-, bélésű- és talpnyomás, 12., 13., 14., 15. extrapolált rétegnyomás, áteresztőképesség, szkinényező és szkinzónán az áramlás nyomásváltozása (számított rétegparaméterek), 16. a vizsgált termelést jellemző olaj-, gáz- vagy vízfázis, 17. a teljes zárási idő.

1. ábra: A feltöltéses vizsgálatok száma az idő függvényében, mutatva az olaj, gáz és víz beáramlások számait is.



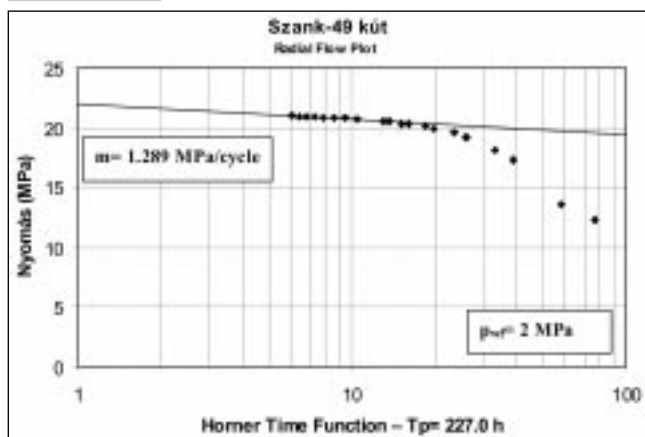
A 12. oszlopban lévő adatoknál, amelyek vizsgálat-hoz sztatikus nyomás tartozik, ott a feltöltés után nyomásemelkedést kaptunk, az elemzés rétegparamétereit adott. Az oszlopban az 1 jelölte azokat a vizsgálatokat, ahol a feltöltés után nyomáscsökkenést mértünk, ezeket a teleprészeket nem lehetett folyamatos termelésre kiképezni. 2 jelölte az értékelhetetlen vizsgálatokat, ide soroltuk a nyilvánvaló kúthibákat és mérési hibákat, valamint a feltöltés után nyomásemelkedést adó, de értelmezhetetlen nyomásváltozásokat is.

Mintapéldákat mutatunk a feltöltés után nyomásemelkedést adó és nyomáscsökkenést mutató vizsgálatokra:

Szank-49 kút az 1877–1880 m közötti jet perforálás után 1 m³/d dugattyúzással termelhető olajbeáramlást adott. Eróziós perforálás és savazás után a termelés 7,4 m³/d értékre emelkedett 2 MPa termelési talpnyomás mellett. A nyomásemelkedés-méréshez 31,4 m³ olajjal töltöttük fel a kútát. A 2. ábra mutatja a nyomásemelkedési görbét. Az értékelés eredményei: $p_{wst} = 22,03$ MPa; $k = 1,59 \cdot 10^{-3} \mu m^2$; $s = 10,6$; $\Delta p_s = 11,9$ MPa, mutatva a beáramlás további javíthatóságát.

Rétegrepsztestet javasoltam és felügyeltem, aminek eredményeként a réteg-kút kapcsolat $s = -3,93$ -ra vált.

2. ábra: Feltöltéses nyomásemelkedés mérés Horner-ábrája



tozott, így a kút felszálló termelést adott és 1968–1993 között 35 000 m³ olajat termelt.

Tázlár–2 kút kezdeti beáramlási viszonyai, 2131–2154 m közötti jet perforációt követően, lényegesen jobbak voltak, mint a fenti *Szk–49* kúté. A hozam $q_0 = 12 \text{ m}^3/\text{d}$; a termelési talpnyomás $p_{wf} = 10,7 \text{ MPa}$ volt. A feltöltés után nyomáscsökkenést kaptunk (adatbázis, 12. oszlop, 1 jelölés) mutatva, hogy a rétegszakasz megtáplálása korlátozott. A mérés után végrehajtott sorozatos rétegkezelések a vizsgálat eredményét igazolták.

Sándorfalva–I kútban 3814–3847 m között vizsgált homokkőből a perforálás után csak $q_g = 550 \text{ m}^3/\text{d}$ gázbeáramlás volt. A kút rétegrepsztesztés után $q_g = 17\,500 \text{ m}^3/\text{d}$ gázt termelt. A termelési talpnyomás $p_{wf} = 5,32 \text{ MPa}$ volt. A termelés leállítását után a kutat 106 m³ vízzel töltöttük fel, a nyomásemelkedési görbét a 3. ábra szemlélteti.

A rétegpáraméterek: $p_{wst} = 61,4 \text{ MPa}$; $k = 0,31 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$; $s = 17,4$; $\Delta p_s = 28,14 \text{ MPa}$. A kút tovább javítható.

(B) gázmező 1. kút 2950–2970 m közötti perforá-

cióból 400 m³/d gázt termelt, a feltöltés után nyomáscsökkenést kaptunk (adatbázis, 12. oszlop, 1 jelölés). Korszerű rétegrepsztesztéstől sem változott a hozam.

A feltöltéseseen vizsgált olaj-, gáz- és víztermelő rétegek tulajdonságai

A feltöltéses mérések adatainak jellemzésére, az adatok megoszlása szerint, középértéket vagy átlagértéket számítottam.

Az 1. táblázatban jelzett mérések eredményeit tartalmazó adatbázist elemeztük és az eredményeket a 2. táblázatban foglaltuk össze. A középhozamok: $q_0 = 7,4 \text{ m}^3/\text{d}$, $q_g = 3400 \text{ m}^3/\text{d}$ (15 °C), $q_w = 12 \text{ m}^3/\text{d}$.

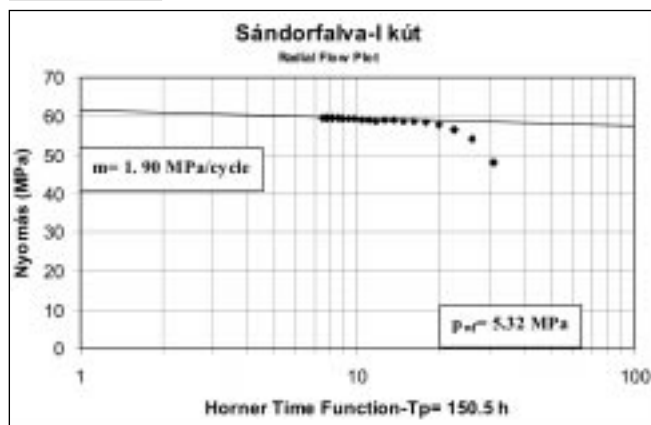
Az adatok mutatják, hogy az olajbeáramlást adó vizsgálatok kissé, míg a mélyebben lévő gáz- és vízbeáramlást adó rétegek jelentősen túlnyomósak voltak. A termelési depressziók középértékei 14,9–29,3 MPa tartományban vannak.

Ezeknél a termelési ütemeknél és depresszióknál a kútfejzárással mért nyomásemelkedések, az utánáramlás és a szkinzóna áteresztőképességének változása miatt, nem adnak megbízható rétegpáramétereket. Például a fent bemutatott *Sándorfalva–I* kúton jelentős nyomásemelkedés volt a feltöltés alatt és után. Ezen nyomásemelkedés alatt a szkinzóna közetfeszültsége csökkent és ennek következtében a zóna áteresztőképessége $0,03 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ -ről $0,04 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ -re emelkedett (Tóth et al. 1998), aminek következtében az egyenértékű kútsugar nagyságrendekkel lett nagyobb.

A feltöltés művelete

A gyakorlatban a hidrodinamikai vizsgálatok túlnyomó többsége kútfejzárással indított nyomásemelkedésmérés, ez a termelés alatt a mélységi nyomásmérő leengedését és a kútfejen egy tolózárra lezárását jelenti.

3. ábra: Feltöltéses nyomásemelkedés mérés Horner-ábrája



2. táblázat: Műveleti számok, statisztikai adatok

Megnevezések			Olaj	Művelet (db)	Gáz	Művelet (db)	Víz	Művelet (db)	Összes művelet (db)
Termelési ütem*	q	m ³ /d	7,4	226	3400	121	12	168	515
Nyomásemelkedési idő***	Δt_{wsmax}	d	3,03		3,58		2,23		2,92
Mélység*	L	m	2103		2594		2631		
Hőmérséklet**	T	°C	115		140		142		
Termelési kútfejnyomás***	p_{tf}	MPa	0,6		1,9		0,5		
Statikus nyomás*	p_{wst}	MPa	24,50	150 (66,4%)	35,13	75 (62,0%)	34,68	116 (69,1%)	341 (66,2%)
Termelési depresszió*	$p_{wst}-p_{wf}$	MPa	14,9		29,3		23,0		
Áteresztőképesség*	$10^3 k$	μm^2	1,6		0,046		0,12		0,31
Kút és/vagy mérési hiba	2	db		7 (3,1%)		11 (9,1%)		12 (7,1%)	30 (5,8%)
Kvalitatív információ (Értéktelen tárolórész?)	1	db		69 (30,5%)		35 (28,9%)		40 (23,8%)	144 (28,0%)

Jelölések: * középérték ; ** 20 m/°C gradienssel számított ; ***átlagérték

A kútfeltöltés művelete ennél bonyolultabb, ahol a művelettervezéshez a termelés közben információt kell szerezni a kútban lévő fázisviszonyokról, és a feltöltés műveletét úgy kell megtervezni a kúton (vagy a kúton szerzett információk alapján bárhol), hogy a feltöltés biztosítsa a kúttérfogat teljes folyadékkelítettségét, a feltöltés végén a kúttalpi nyomás 10–30%-kal kevesebb legyen, mint a várható telepnyomás.

Tapasztalataink szerint a feltöltés műveletéhez a mezőbeli gyakorlatban rendelkezésre állnak azok a mobil berendezések, amelyekkel a feltöltés kivitelezhető: szivattyúk, tartályok, lefúvató és besajtoló vezetékek, csőelosztók stb.

Mint általában minden kútvizsgálati művelet (*McAleese*, 2000), így a feltöltés is, a vizsgált réteg és a kút viselkedésének függvénye. Így általánosan alkalmazható műveleti előírást adni nem lehet. Szempontok a műveleti tervezéshez:

- A feltöltő folyadék lehet: vízmentes tartályolaj, gázolaj, metanol vagy etanol, esetenként és részben víz (a feltöltő folyadék a vizsgálat után veszteség nélkül visszatermelhető). A szárazgáz-beáramlást adó kutakat célszerű alkohollal feltölteni.

- A feltöltés művelete alatt a talpnyomás folyamatosan emelkedjen.

- A feltöltés záró műveleteként a kútfejen nyomást hozunk létre. Hidrosztatikus nyomású telepnél ez a nyomás 0,3 MPa. Túlnyomásos telepnél oly mértékig emeljük meg a kútfejnyomást, hogy a kútban lévő folyadék hidrosztatikus nyomása és a kútfejnyomás összege a várható telepnyomás 70%-át közelítse meg.

A feltöltéses műveleteket a gyakorlott kútvizsgálati mérésvezetők mezőbeli támogatással és megfelelő irányítói háttérrel megbízhatóan végre tudták hajtani.

A szakirodalomban a hazai eredetű közleményeken kívül – információim szerint – csak *Artamonov* et al. (1977) és *Kubafusev* (1978) publikáltak feltöltéses műveleteket. Ezekkel Krasnodar térségében mélyített 5500 m-es kutakkal feltárt túlnyomásos gázelőfordulások 4–5 hónapos rétegvizsgálatainak és sorozatos rétegkezeléseinek eredményeit határozták meg.

A vizsgálatok értékelése

A feltöltéses mérések teljes számát figyelembe véve a vizsgált rétegek közép-áteresztőképessége $0,31 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$.

A vizsgálatok 1964–2001 időintervallum alatt történtek, ezen időszak alatt a mechanikus működésű mélységi nyomásmérők kicserélődtek nagy felbontóképességű elektronikus műszerekre, az értékelési módszerek is változtak a kézi feldolgozástól a számítógéppel támogatott elemzésekig.

Ezeknél a vizsgálatoknál általában a Horner-módszer adott eredményt, amit a számítógéppel támogatott

értékelés a diagnosztikai ábrák szerkesztésével és a szimulációval tett megbízhatóbbá.

A PanSystem értékelő szoftver 1993. évi beszerzése előtt a feltöltéses művelet nem zavarta a kézi értékelést, mert a nyomásemelkedési görbék utánáramlási szakaszát nem használtuk, az, hogy ezt a feltöltés módosította, nem jelentett hátrányt.

A számítógéppel támogatott értékelés a kúttárolási tényező számításával indul. A termelési állapotra jellemző kúttárolási tényező meghatározható a feltöltéses méréseknél is, ha a termelőkútba való műszerbeépítés után a kútfejzárással 15 percre lezárjuk a kutat, és utána indítjuk a feltöltésest. A feltöltött állapot kúttárolási tényezőjének számítása, a feltöltés után mért nyomásváltozásból megkísérrelhető (1. melléklet). A számítógépes adatillesztést célszerű feltöltött állapotban a kútban lévő folyadék összenyomhatóságából és a működő kúttérfogatból számított kúttárolási tényezőtől indítani. A meghatározott kúttárolási tényezők összevetése mutatja a feltöltés hatását a kút fázisviszonyaira.

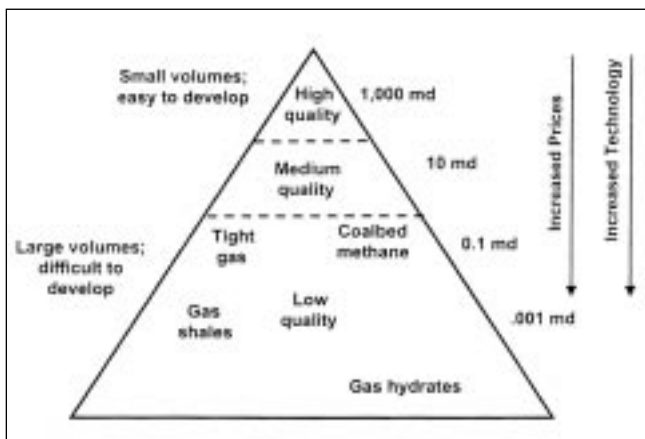
A feltöltéses mérés alkalmazhatósága a nem hagyományos gázelőfordulásoknál

Miskimins (2009) közli a nem hagyományos szénhidrogén-előfordulások elfogadott definícióját „A nem hagyományos készletek olyan CH-akkumulációkban léteznek, amelyek nagy területre kiterjedően mindent áthatóak, és amelyeket hidrodinamikai hatások jelentősen nem befolyásoltak, ún. folyamatos típusú előfordulásoknak tekinthetők (ford. *Koncz I.*). Például szén-metán (CBM), medenceközpontú gáz-, márgagáz-, gázhidrát-, természetes bitumen és márgaolaj-előfordulások. Tipikus, hogy ezek az előfordulások speciális termelési eljárásokat igényelnek (pl.: szén-metán víztelenítés, nagyhatású repesztések a márgagáznál, gőz és/vagy oldószerek alkalmazása a bitumen in-situ kitermeléséhez, és néhány esetben bányászati tevékenység)...”

Az idézett meghatározás a példák között nem nevezik meg a „Tight gas”-t, viszont *Holditch* (2006) „Tight gas”-ra vonatkozó megállapításai alapján *Miskimins* (2009) besorolja azt a nem hagyományos szénhidrogén-előfordulások közé.

A *Holditch* (2006) a gázkészletek megoszlását az áteresztőképesség függvényében ábrázolja (4. ábra). A „Tight gas”-előfordulásokra általánosan kifejti: „Tulajdonképpen milyen is egy tipikus tight gas tároló? A válasz az, hogy nincs „tipikus” tight tároló. A tight gas tároló lehet mély vagy sekély, magas nyomású vagy alacsony nyomású, magas hőmérsékletű vagy alacsony hőmérsékletű, vízszintes vagy lencsés kifejlődésű, homogén vagy repedezett és egy vagy több rétegben található”. A „tight sand” fogalmára az alábbi meghatározást adja: „az a tároló, amiből nem lehet gaz-

4. ábra: A földgázkészletek megoszlásának háromszöge (Holditch, 2006)



daságosnak minősíthető gázáramot nyerni, hacsak a kutat nem vetik alá a nagyméretű rétegrepesztésnek, vagy nem képezik ki vízszintes kútfúrasi technológiával”. Tanulmányának lényeges megállapítása, hogy a „Tight gas”-előfordulásokban létrejövő áramlást is az általánosan alkalmazott összefüggések teszik követethetővé. Közli, hogy az elfogadható alsó áteresztőképesség-határ a mélység, a hőmérséklet, a készlet és más tényezők függvénye, de nem kevesebb, mint 0,001 md.

Az észak-amerikai szakértők által előnyben részesített gyakorlattal először a mecseki szén-metán-kutatásnál találkoztunk 1994-ben. Tapasztalható volt, hogy sem a furatok mélyítése közben, sem a kiképzéseket követően nem vizsgálták a rétegek termelőképességét és nem végeztek hidrodinamikai vizsgálatokat. Később a széntelepeket folyékony szén-dioxiddal megrepesztették, de eredménytelenül. A repesztések után sorra kerültek ugyan nyomásemelkedés-mérések, amelyek a kútfejzárást követő utánáramlás miatt nem adtak az előfordulásra jellemző adatokat (1. melléklet). Ebben a gyakorlatban a legnagyobb problémának az tűnik, hogy nem lehet összehasonlítani a repesztés előtti és utáni áramlási állapotokat és így nem válik ismertté, hogy a kezelési eljárás megváltoztatása eredményt adhat-e?

A gázbeáramlást adó kutakon 121 feltöltéses vizsgálatot végeztünk. A vizsgálatok közül 75 adott rétetparamétereket, részben számítógéppel támogatott értékeléssel. Az áteresztőképességek középértéke $0,046 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$. Ez az érték a 4. ábrán látható „Tight gas”- és a márgagáz-előfordulások áteresztőképesség-tartományai közé esik, mutatva a feltöltéses mérések alkalmazhatóságát a „Tight gas” és a márgagáz előfordulásoknál is.

35 mérésnél feltöltés után nyomáscsökkenést tapasztaltunk, jelezve azt, hogy a termeltetés hatására a kútkörzet nyomása tartósan a rétegnomás 70%-a alá csökkent le. Az értékelhető mérések alsó áteresztőképesség-tartományának adatainak elemzése alapján megállapítható, hogy ezekben az esetekben a megtáplá-

lás áteresztőképessége $0,0002 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ -nél alacsonyabb. A feltöltés után nyomáscsökkenést adó rétegrészek nem voltak termeltethetők.

Az alacsony áteresztőképességű előfordulásokat megnyitó kutak vizsgálata gondos előkészítést és kivitelezést igényel. Gázkondenzátum rendszerből termelő kútnál előnyös a kúttérfogat teljes térfogatának olajjal való feltöltése, mert a kútba áramló gáz feloldódása a belépés közelében az olajtérfogatot növeli, ennek ellenhatása alacsony szintre csökkenti a mérés alatt a kútban kialakuló, felfelé áramló gáztelítettséget. A száraz gázt adó előfordulásnál a feltöltő olaj rétegbe jutása (így ott irreverzibilis olajtelítettség kialakulása) megelőzhető, ha az olaj helyett alkohollal töltjük fel a kutat.

A rétegreparamétereket indokolt rétegrepesztés előtt meghatározni. A sikeres vizsgálatok megalapozzák a rétegrepesztés tervezését, indokolt esetben annak elhagyását. A kezeléseket utáni mérések eredményei mutatják a befolyásolt tárolórész hidrodinamikai jellemzőit.

Szemléltetésül az 1. táblázatban lévő mérések adatbázisának utolsó, No. 515. mérését mutatjuk be, az értékelést számítógép segítségével végeztük:

(C) gáztelep–2. kútján 3158–3191,5 m-es perforációjából $q_g = 100 \text{ m}^3/\text{d}$ „termelést” kaptunk $p_{wf} = 7,9 \text{ MPa}$ termelési talpnyomáson. A réteghőmérséklet 147°C . A mélységi nyomásmérés nagy felbontóképességű elektronikus nyomásmérővel történt. A vizsgálat feltöltő folyadék 8,15 m³ könnyűolaj volt. A diagnosztika az 5. ábrán, a Horner-görbe a 6. ábrán látható.

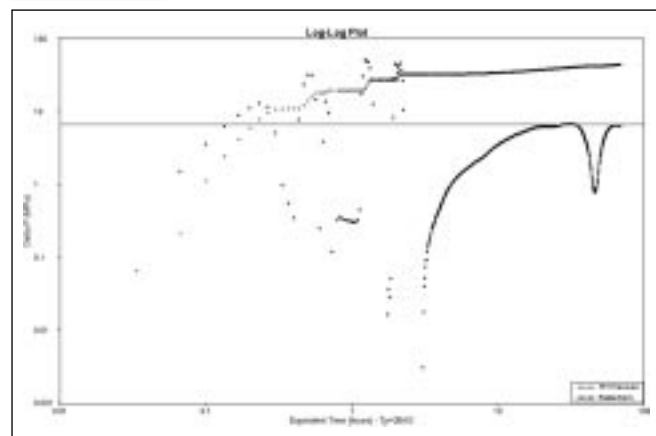
A nyomásemelkedésből számítható adatok:

$$p_{wst} = 59,6 \text{ MPa}, k = 0,0002 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2; s = -0,25$$

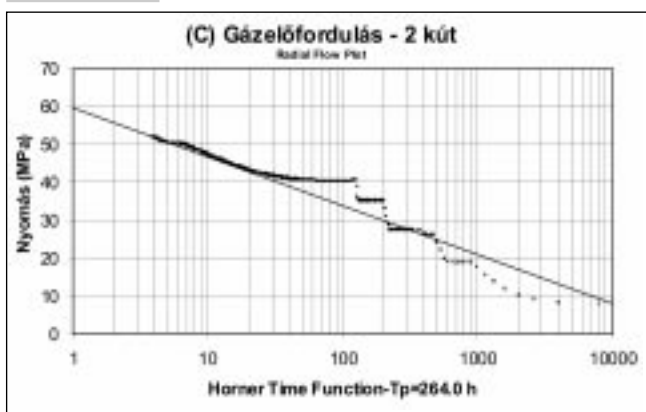
Az eredményeket nem lehetett szimulációval ellenőrizni. A kútban lévő folyadék összenyomhatóságából és a működő kúttérfogatból számított kúttárolási tényező: $C_s = 0,0044 \text{ m}^3/\text{MPa}$.

A példa mutatja, hogy a feltöltéses mérés szélsőséges hozam, rétegnomás, hőmérséklet és termelési depresszió mellett is ad a vizsgált telepreszre információt.

5. ábra: (C) gázelőfordulás – 2 kút feltöltéses nyomásemelkedésének log-log diagnosztikai diagramja



6. ábra: (C) gázelőfordulás – 2 kút feltöltéses nyomásemelkedésének Horner-ábrája



Az 1. melléklet az Ásotthalom hagyományos olajtelepet megnyitó 11. kúton feltöltésesen és kútfejzárással végzett összehasonlító mérések eredményét értékeli egy nem-hagyományos szén-metán furat mérési eredményeivel együtt.

A 2. mellékletben a feltöltéses vizsgálatok elterjedését akadályozó tényezőket elemzem.

Összefoglalás

1) A feltöltéses nyomásemelkedés-mérési módszer hidrosztatikus vagy túlnyomásos telepekből kis hozammal és nagy depresszióval termelő kutak termelőképességének meghatározására alkalmas. A kút termelésének leállítása után feltöltés biztosítja a kút teljes folyadékteleltettségét, kizárva ezzel a kútba való további fluidumbelépést, ami a talpi zárással azonos értékű nyomásemelkedést ad. Előnye, hogy bármilyen kútszerkezet mellett megvalósítható, és az, hogy a kútban lévő folyadékoszlop közvetíti a felszínre a talpnyomás változását, az ott is megmérhető.

2) 515 feltöltéses nyomásemelkedés-mérés eredményét mutattuk be. A vizsgálatok fázismegoszlása: 226 olaj, 121 gáz, 168 víz. A nyomásemelkedés-mérések átlagos időtartama: olajtermelésnél 3,03 nap, gáztermelésnél 3,58 nap és 2,23 nap vízbeáramlásnál.

A vizsgálatok közül 341 (66,2%) adott feltöltés után nyomásemelkedést, amiből számítani lehetett a vizsgált rétegek minősítéséhez szükséges rétegpárámétereket, így a telepnyomást, átteresztőképességet és a szkintényezőt.

144 (28%) a feltöltés után nyomáscsökkenést adott, az így viselkedő telepresek többszörös rétegkezeléssel sem voltak termelésbe állíthatók, korlátozott utánpótlásúak. A feltöltés utáni nyomáscsökkenés azonos mértékben volt tapasztalható az olaj-, gáz- és vízbeáramlást adó kutakban.

30 (5,8%) vizsgált kút és/vagy mérési hiba miatt nem volt értékelhető. Ide soroltuk a feltöltés után nyomásemelkedést adó, de értelmezhetetlen nyomásváltozásokat is.

3) A termelési depressziók középtérték tartománya 14,9–29,3 MPa, az olaj és gáztermelés középtértéke $q_o = 7,4 \text{ m}^3/\text{d}$, $q_g = 3400 \text{ m}^3/\text{d}$. A kútfejzárással mért nyomásemelkedési adatok ebben a termelés és depresszió tartományban nem adnak értékelhető eredményt.

4) A 121 gázvizsgálatból 75 volt értékelhető. Az átteresztőképességek középtértéke $0,046 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$, ez Holditch (2006) szerint a „Tight gas” és a márgagáz átteresztőképesség tartományok közé esik, mutatva, hogy a feltöltéses módszer alkalmas ezen előfordulások vizsgálatára. A kis átteresztőképességű gázelőfordulások tranziens nyomásvizsgálata gondos előkészítést és kivitelezést igényel, a szárazgáz-beáramlást adó kutakat célszerű alkohollal teljesen feltölteni. A rétegrepesztések előtt kivitelezett vizsgálatok megalapozzák a művelettervezést, indokolt esetben a rétegrepesztés elhagyását. A kezelések utáni mérések jelzik a befolyásolt tárolórész hidrodinamikai viszonyait.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki minden kollégámnak, akik a feltöltéses mérések tervezésében, szervezésében, kivitelezésében, értékelésében és fejlesztésében részt vettek.

Tisztelettel gondolok Gyulay Zoltán és Szilas. A. Pál egyetemi tanárain segítségére és biztatására, továbbá Tcharnyy, I. A. akadémikus állásfoglalására, amivel az eljárás magyarországi bevezetését segítette.

Köszönöm az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt földtani és tárolómérnöki területén dolgozó kollégáknak a módszer fejlesztésében való közreműködésüket, a segítő szándékú kritikáikat, a mérési eredmények megvitatását és elfogadását, továbbá a Magyar Tudományos Akadémia minősítési eljárásában való részvételüket.

Jelölések, megnevezések, mértékegységek

C_s	= kúttárolási tényező, m^3/MPa
h	= rétegvastagság, m
k	= átteresztőképesség, μm^2
m	= nyomásemelkedési görbe egyenes szakaszának meredeksége, MPa/lg ciklus
p	= nyomás, MPa
p_c	= beléscsőnyomás, MPa
p_t	= termelőcsőnyomás, MPa
p_w	= talpnyomás, MPa
p_{wf}	= termelési talpnyomás, MPa
p_{ws}	= zárt talpnyomás, MPa
p_{wst}	= statikus nyomás, MPa
Δp_s	= szkintónában létrejövő nyomásváltozás, MPa
r_{we}	= egyenértékű kútsugár, m
q	= termelési ütem, m^3/d , m^3/d (15 °C) gáznál
s	= szkintényező
t	= idő, h
Δt_{ws}	= idő a kút nyomásemelkedésre való lezárása után, h

Átszámítási tényezők

bar • 14,50377	= psi
°C • 1,8+32	= °F
m • 3,28084	= feet
m ³ • 6,2898	= bbl
m ³ /d (15 °C) • 35,494 • 10 ⁻³	= Mscf
mPa • s	= cP
MPa • 145,0377	= psi
10 ⁻³ μm ² • 1,01325	= md

Irodalom

- [1] Agarwal, R. G., Alhussainy, R., Ramey, H. J.: An Investigation of Wellbore Storage and Skin Effect in Unsteady Liquid Flow. I. Analytical treatment. SPEJ, September, 1970. p. 279.
- [2] Artamonov, V. I., Panov, B. D., Szilkin, V. F.: Ocenka produktivnoszti szlabopritocsnuh neftegazovuh plasztov v glubokih razvedocsnuh szkvaszinah. Neftj. Hozj. 11–13., 1970.
- [3] Barabás L., Kassai L., Megyery M., Teknyős I.: A fűrészes teszteres vizsgálatok üzemi alkalmazásának tapasztalatai. Kőolaj és Földgáz, 1976. 9. sz., p. 129.
- [4] Barenblatt, G. I., Borisov, Jp. P., Kameneckij, Sz. G., Krülov, A. P.: Ob opredelenii parametrov neftenosznogo plaszta po dannüm o voszstanovlenii davlenija v osztanovlennüh szkvaszinah. Izv. Akad. Nauk SZSZSZR OTN, 84. 1957.
- [5] Borisov, Jp. P.: Opredelenie parametrov plaszta pri iszszledovanii szkvaszin na neusztanovivsihszja rezsimah sz ucsetom prodolzajuscsegszja pritoka zsidkoszti. Trudü VNII vüp. 19. 1958.
- [6] Bourdet, D.: Well Test Analysis: The Use of Advanced Interpretation Models. Elsevier, 2002. pp. 426.
- [7] Bódi T.: A formációserkentés indokoltságának megítélése eredményeinek értékelése, 1994. (Előadás kézirat.)
- [8] Earlougher, R. C., Kersch, K. M.: Analysis of Short-Time Transient Test Data by Type-Curve Matching. JPT, July, 1974. p. 793.
- [9] Edinburgh Petroleum Services LTD. PanSystem 2., 1993.
- [10] Gladfelter, R. E., Tracy, G. M., Wilsey, L. E.: Selecting Wells which will Respond to Production Stimulation Treatment. Drilling and Production Practice, 1955. p. 117.
- [11] Gracia-Riviera, J., Raghavan, R.: Analysis of Short Time Pressure Transient Data Dominated By Wellbore Storage and Skin at Unfractured Active and Observation Wells., 1977. SPE preprint 6546.
- [12] Holditch, S. A.: Tight Gas Sands, June 2006., p. 86.
- [13] Horne, R. N.: Modern Well Test Analysis. A Computer-Aided Approach. Petroway, Inc. 1997. pp. 257.
- [14] Horner, D. R.: Pressure Build-Up in Wells. 3. WPC. Sec. II. 1951. p. 503.
- [14] Koncz I.: Nem hagyományos földgáz-előfordulások kialakulásának feltételei heterogén felépítésű homokkő-összletekben. Kőolaj és Földgáz, 2010. 5. sz., p. 6.
- [16] Kundin, A. S.: Iszpol'zovanie harakteriszticeszkih funkcej ploszko-radial'nogo potoka dlja obrabotki kri-vüh voszstanovlenija davlenija. Neftj. Hozj. 10. p. 43.
- [17] Kundin, A. S.: Vlijanie prodolzajuscsegszja pritoka v szkvaszinu na tocsnoszt' opredelenija parametrov plaszta. Izv. VUZ Neft'i Gaz 331. 1975.
- [18] Linger, P.: Rate Dependent Skin from Afterflow, 1994. SPE preprint 28832.
- [19] McKinley, R. M.: Wellbore Transmissibility from Afterflow-Dominated Pressure Build-Up Data. JPT, July, 1971. p. 863.
- [20] McAleese, S.: Operational Aspect of Oil and Gas Well Testing. Elsevier, 2000. pp. 321.
- [21] Megyery M.: Eljárás olajkutak nyomásemelkedési görbéinek feltöltéses módon való meghatározására. 1968. No. HU 157299 sz. szabadalom.
- [22] Megyery M.: A feltöltéses nyomásemelkedés-mérési eljárás alkalmazhatóságának vizsgálata. Kőolaj és Földgáz, 1971. 4. sz., p. 101.
- [23] Megyery M.: Az utánáramlástól zavart nyomásemelkedési görbék értékelésére javasolt megoldások alkalmazhatóságának vizsgálata, a feltöltéses nyomásemelkedés-mérés gyakorlata. Kőolaj és Földgáz, 1979. 3. sz., p. 75.
- [24] Megyery M., Gyenese I., Kósa M., Kriston Á., Major J., Nemes L., Segesdi J.: Eljárás túlnyomásos telepekből termelő gázkutak rétegparamétereinek meghatározására. 1988. No. HU 205198 sz. szabadalom.
- [25] Megyery, M.: Fill-Up Buildup Test: An Effective Method for Wells with Low Initial Production and Deep Drawdown. SPE Formation Evaluation, December, 1996. p. 245.
- [26] Megyery, M.: Fill-Up Test Process for Unconventional Gas Reservoirs (Case Study). SPE preprint 142931 Vienna, 23–26 May, 2011.
- [27] Miskimins, J. L.: Design and Life-Cycle Considerations for Unconventional-Reservoir Wells. SPE Production & Operations. May, 2009. p. 353.
- [28] Perrine, R. L.: Analysis of Pressure Buildup Curves. Drilling and Production Practice. API, 1956. p. 482.
- [29] Raghavan, R.: Some Practical Consideration in Analysis of Pressure Data. JPT October, 1976. p. 1256.
- [30] Ramey, H. J.: Short-Time Well Test Data Interpretation in the Presence of Skin Effect and Wellbore Storage. JPT, January, 1970. p. 97.
- [31] Ramey, H. J.: Practical Use of Modern Well Test Analysis. SPE preprint 5878. 1976.
- [32] Russel, D. G.: Extensions of Pressure Build-Up Analysis. JPT, December, 1966. p. 1624.
- [33] Shtchekalyuk, Ye. B.: Metod opredelenija fiziceszkih parametrov plaszta. Neftj. Hozj. 11., 1958. p. 42.
- [34] Shtchekalyuk, Ye. B.: Universzal'nüj metod opredelenija fiziceszkih parametrov plaszta po izmereniju zaboj-nüh davlenij i pritokov. Neftj. Hozj., 2. 1964. p. 36.
- [35] Szilas A. P.: Gázalan olajat termelő kutak üzemjellemzőinek meghatározása felszíni adatokból. MTA Műszaki Tudományok Osztályközleményei. 1959. XXIV. k. 1–4.
- [36] Szilas A. P.: Kőolaj és földgáz termelése és szállítása. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1985.
- [37] Tcharnyy, I. A., Umrihin, I. D.: Ob odnom metode opredelenija parametrov plasztov po nabljudenijam neusztanovivsegszja rezsima pritoka szkvaszinam. Izv. Min. Vüszs. Obraz. SZSZSZR MNI, 1957.
- [38] Tóth J., Bauer K.: Porózus tárolókőzetek deformációja,

3. A kőzetek áteresztőképességének változása a terheléssel. Kőolaj és Földgáz, 1988. augusztus, p. 248.

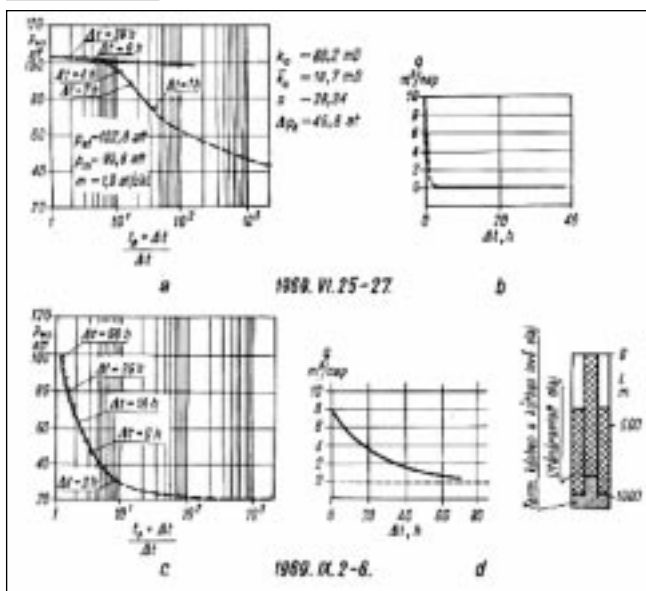
- [39] Trebin, F. A., Boriszov, Yu. P., Muharszkij, E. D.: Kopredeleniju parametrov plasztja po krivum voszstanovlenija davlenija sz ucsetom pritoka zsidkoszti v szkvazsinu poszle zakrutiya. Neftj. Hozj., 8., p. 38; 9., p. 40, 1958.
- [40] Wattenbarger, R. A., Ramey, H. J.: An Investigation of Wellbore Storage and Skin Effect in Unsteady Liquid Flow: II. Finite Difference Treatment. SPEJ, September, 1970. p. 291.

1. melléklet

Az Ásotthalom-11 olajkút és a T-2 (Hh-34) szén-metán furat eredményeinek együttes elemzése

Az Ásotthalom-11 kút hagyományos olajtelepből termelt 1042,5–1044,5 m perforációból, kompresszor segédlettel, 6 m³/d hozammal. A kúton összehasonlító vizsgálatot végeztünk oly módon, hogy először 10,5 m³ olaj betöltése után mértük a feltöltéses nyomásemelkedést, majd a kút ismételt termelésbe állítása után, az ellenőrző nyomásemelkedést kútfejzárással mértük meg. Az eredményeket publikáltuk (1971), azokat az 1.1. ábrán változtatás nélkül szemléltetjük. A feltöltéses mérés Horner nyomásemelkedési görbéjén (a) látható, hogy a $\Delta t_{ws} = 9$ óra zárási időtől a nyomások az értékelés alapját adó egyenes szakaszon vannak. A kútfejzárással mért nyomásemelkedési adatok (c) mindvégig az utánáramlás hatását mutatták.

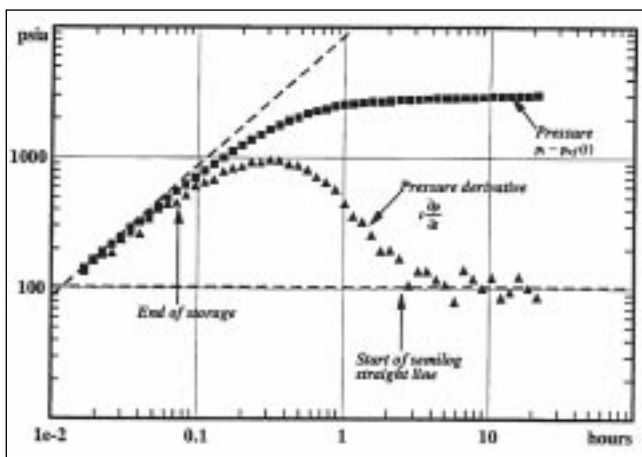
1.1. ábra: Ásotthalom-11 kút összehasonlító vizsgálata



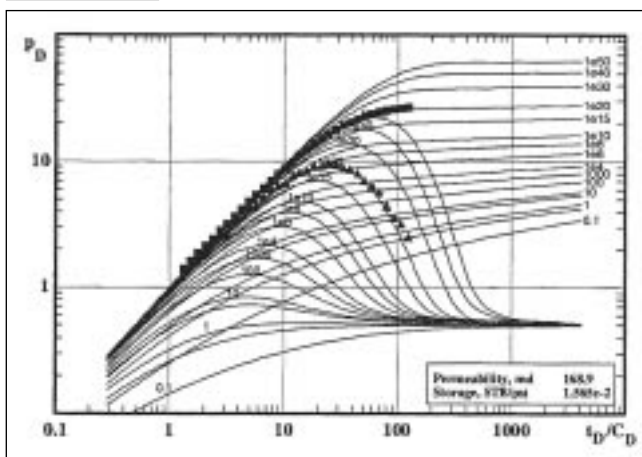
Tapasztaltuk, hogy kútfejzárással hasonló nyomásemelkedéseket kapunk kis hozamú, nagy depresszióval termelő olaj- és gázkutaknál egyaránt.

A nyomásemelkedések számítógépes értékelésének bevezetése tette lehetővé az áramlási tárolómodell meghatározását. Az 1.2. ábrán egy LOG – LOG (diagnosztikai) ábrát mutatunk be a radiális, homogén és végtelen kiterjedésű tárolómodellel. Ha a logaritmikus idő deriválton a kései transziens

1.2. ábra: LOG-LOG diagnosztika, radiális homogén, végtelen kiterjedésű tárolómodell (Horne, 1997)



1.3. ábra: Típusgörbe illesztés (Horne, 1997)



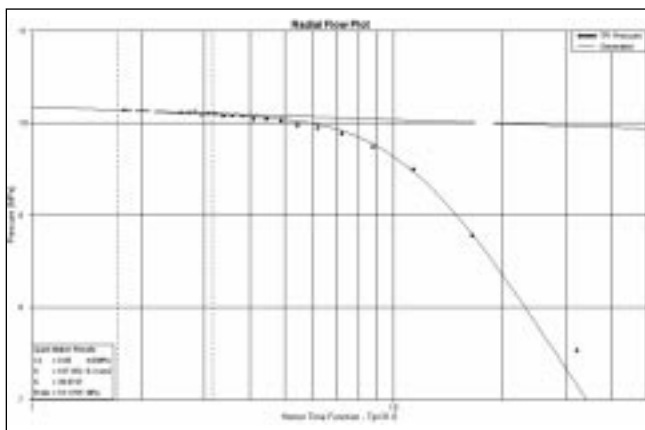
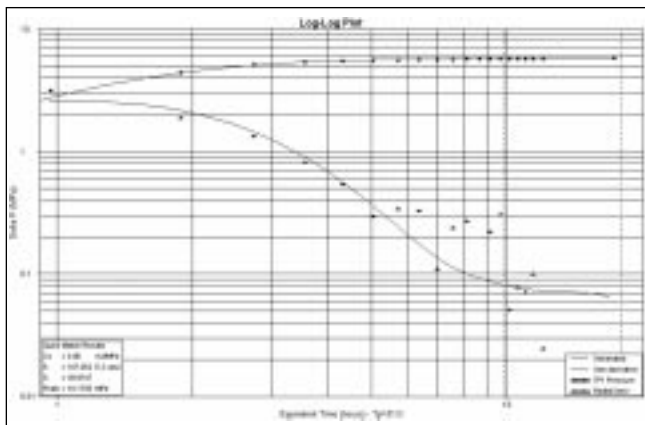
szakaszban a radiális áramlásként értékelhető vízszintes szakasz nem alakult ki, a nyomásemelkedési görbe az 1.3. ábrán láthatóan típusgörbe illesztéssel értékelhető. A feldolgozásból nyert modelleredmények gyors illesztéssel ellenőrizhetők, ill. nemlineáris regresszióval pontosíthatóak.

Az alábbiakban bemutatásra kerülő 1.4., 1.5. és 1.6. ábrákat Gyenese I. szerkesztette, és a paramétereket számítógéppel támogatott értékelési módszerrel határozta meg.

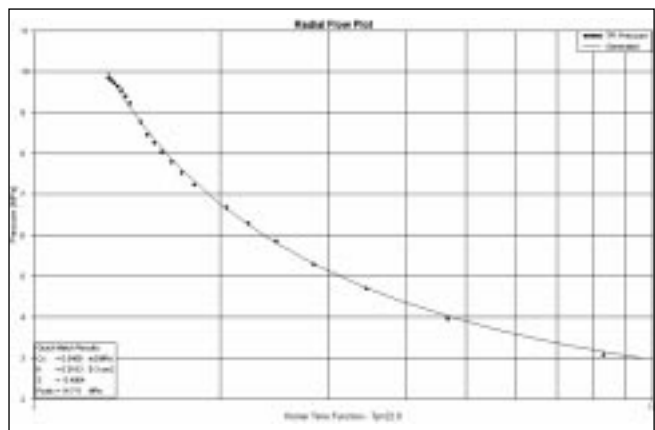
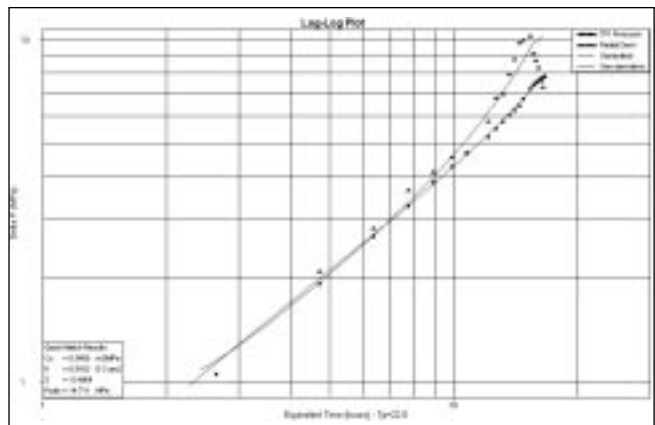
Az 1.4. ábra szemlélteti a mechanikus működésű mélységi nyomásmérővel mért feltöltéses nyomásemelkedés Horner feldolgozását, ill. a réteg és kútkiképzési paraméterek gyors illesztéssel való ellenőrzését/meghatározását. A diagnosztikai ábra alapján meghatározható a vizsgált tárolórész áramlási rendszere, radiális, homogén és végtelen kiterjedésű tároló modellt kaptunk. Ezzel a tároló modellel k és s állandó értéken tartásával, C_s változtatásával értékeltünk. Az eredmények: $C_s = 0,06$ m³/MPa, $k = 107 \cdot 10^{-3}$ μm², $s = 40$, $p_{wst} = 10,17$ MPa. Megállapítható, hogy az 1.1. ábrán közölt és az új eredmények összhangban vannak.

Az 1.5. ábra mutatja a kútfejzárással mért nyomásemelkedési görbe számítógépes értékelését. A kútfejzárással vizsgálat diagnosztikai elemzéséből (LOG-LOG ábra), ellentétben a feltöltéses mérés adataival, nem lehet meghatározni a vizsgált tárolórész áramlási rendszerét. A hibás értékelés le-

1.4. ábra: Ásotthalom–11 kút feltöltéses módon mért nyomásemelkedési görbéjének feldolgozása



1.5. ábra: Ásotthalom–11 kút kútfejzárással mért nyomásemelkedési görbéjének feldolgozása



hetőségének bemutatására, a fent bemutatott tároló modellel, nemlineáris regresszióval (C_s , k , s változó) kapott eredmények: $C_s = 0,547 \text{ m}^3/\text{MPa}$, $k = 0,516 \cdot 10^{-3} \text{ } \mu\text{m}^2$, $s = -5,50$, $p_{\text{wst}} = 14,71 \text{ MPa}$. Az ábrán látható, hogy ezekkel az adatokkal a nyomásváltozás szimulálható.

Az összehasonlító mérés igazolta tapasztalatainkat, hogy amennyiben a kútfejzárással mért nyomásemelkedési görbe LOG–LOG (diagnosztikai) feldolgozásából nem lehet meghatározni a vizsgált tárolórész áramlási rendszerét, és a görbe még típusgörbe illesztéssel való elemzésre sem alkalmas, a nemlineáris regresszióval történő értékelés hibás eredményeket ad.

A Mecsek hegység körzetében települt szénrétegek nem hagyományos gázelőfordulások. A szénösszetétel metántartalmának (szén-metán, CBM) termeltethetőségét fűrés és rétegrepesztéses kutatással vizsgálták. A rétegrepesztések után, kútfejzárással számos nyomásemelkedést mértünk. A nyomásemelkedési görbék nagymértékben hasonlítanak az Ásotthalom–11 kút kútfejzárással mért nyomásváltozásának lefutásához (1.1. ábra (c), 1.5. ábra). Szemléltetésül egy jellemző nyomásemelkedés mérés eredményét ismertetjük. A T-2 (Hh-34) furaton 1994. jan. 14–febr. 8. között mért nyomásemelkedési görbe számítógéppel támogatott átvértékelését mutatjuk be. Az alapértékelés Horner eredményei: $k = 0,0014 \cdot 10^{-3} \text{ } \mu\text{m}^2$, $s = -2,97$, $p_{\text{wst}} = 8,23 \text{ MPa}$. A furatból 702,4–706,7 m közötti perforáció termelt a zárás előtt $q_g = 70 \text{ m}^3/\text{d}$ ütemmel. A nyomásváltozást nagy felbontóké-

pességű elektronikus mélységi nyomásmérő mérte $\Delta t_{\text{ws}} = 450$ órán át. A hosszú idejű nyomásemelkedés-mérés ellenére, a mérés diagnosztikai elemzéséből (LOG–LOG ábra), nem lehet meghatározni az vizsgált tárolórész áramlási rendszerét.

A nyomásemelkedési görbe $m(p)$ módszerrel történt feldolgozása az 1.6. ábrán látható. A radiális homogén, végtelen kiterjedésű tárolómodell választva a paramétereket nemlineáris regresszióval (k , s , C_s változó) számítottuk: $C_s = 0,472 \text{ m}^3/\text{MPa}$, $k = 0,0019 \cdot 10^{-3} \text{ } \mu\text{m}^2$, $s = -2,81$, $p_{\text{wst}} = 8,33 \text{ MPa}$. Az eredményekkel a nyomásváltozás szimulálható volt. Az alapértékelés és az átvértékelés eredményei az értékelési hibahatáron belül megegyeznek. Az Ásotthalom–11 kút összehasonlító méréseinek alapján valószínűsíthető, hogy a tényleges rétegparaméterek jelentősen eltérnek az értékelések eredményeitől.

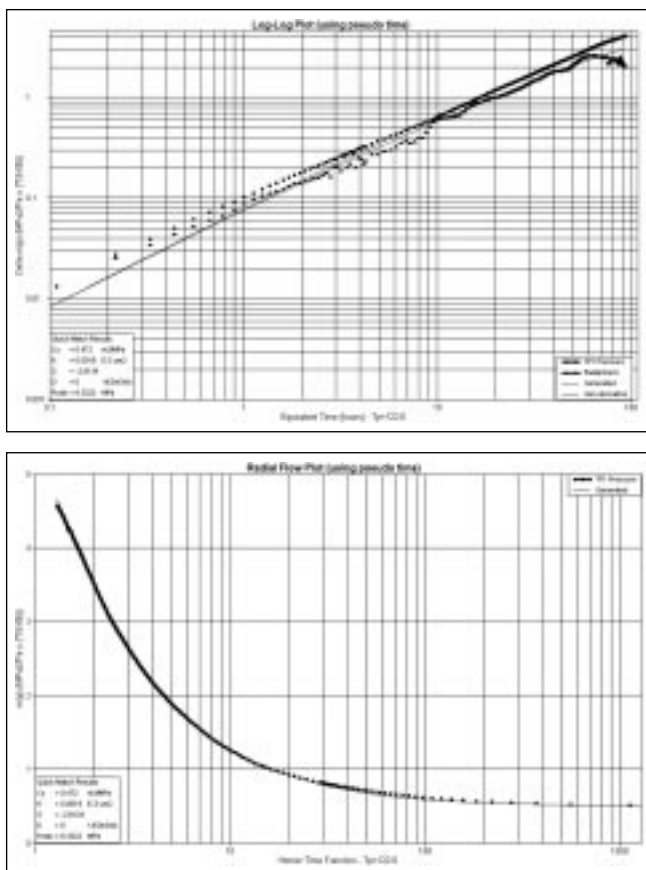
2. melléklet

A feltöltéses nyomásemelkedés mérési eljárás elterjedését akadályozó tényezők

A feltöltéses méréseket bemutató angol (Megyeri, 1996, 2011), orosz (Artamanov et al., 1977, Kubafusev, 1978) és magyar (Megyeri et al., 1968, 1971, 1979, 1988) nyelvű publikációk nem eredményezték az eljárás elterjedését.

Az eljárás kidolgozását megelőző és a jelenlegi hidrodinamikai értelmezésekhez kapcsolódó rövid áttekintés után a

1.6. ábra: T-2 (Hh-34) kút kútfejzárással mért nyomásemelkedési görbének feldolgozása



gyakorlati tapasztalataim és a feltöltéses mérések adatbázisa alapján hívom fel a figyelmet két tényezőre, ami az eljárás alkalmazásához esetleg elindított kísérletek felfüggesztését okozhatta:

- a túlnyomásos telepek gáztermelő kútjainak vízzel való feltöltése után a 30 °C alatti kúttérben képződő hidrát,
- a feltöltések után bekövetkező nyomáscsökkenések.

Perrine (1956) tanulmányában kifejti, hogy a gázatlan olajat felszállóan termelő kút a kútfejzáras után a talpi zárással egyenértékű nyomásemelkedési körülményeket ad. A feltöltéssel ezt az állapotot mesterségesen hozzuk létre.

A Nagylengyel olajmező termeltetésének kezdeti állapotában tanulmányozható volt a gázatlan olaj felszálló termelése. A folyamatokat Szilas (1959) vizsgálta, és megállapította, hogy a kútfejen mért nyomásokból a talpnyomásváltozások számíthatók. Ramey (1976) bemutatta, hogy a termelő kutak lezárása után közvetlenül mérhető nyomásemelkedésből a kút egészére jellemző kúttárolási tényező (a kútban lévő fluidum átlagos összenyomhatósága és a kúttérfogat szorzata) számítható.

Az értékelést segítő számítógépprogramok első lépésben határozzák meg a kúttárolási tényezőt, így a nyomásemelkedéseket értékelők ezrei találkozhatnak naponta a vizsgált kutak kúttárolási tényezőivel. A kút zárásakor az értékelők szembesülnek a kútban lévő, kis kompresszibilitású folyadékok jelenlétének előnyös voltával és a nyomásváltozások értékelhetőségére káros hatással bíró alacsony nyomású, nagymértékben összenyomható gázok jelenlétével.

Feltételezem, hogy az értékelésekkel foglalkozók körében felmerült az, hogy a kúttárolási tényezőt csökkentse folyadékbevitellel (feltöltéssel), ami jelentősen javíthatja a nyomásemelkedések értékelhetőségét.

A kűtmunkálatok – és ezen belül a kűtvizsgálatok – bonyolult döntéshozatali folyamatainak ismeretében feltételezem, hogy a feltöltés (mondhatni nem hagyományos) műveletére adott javaslatok túlnyomó többsége nem jutott el még a kipróbálásig sem, nemhogy a tapasztalatok megszerzéséhez szükséges minimum 20 mérés megvalósításáig.

A témakörben az első angol nyelvű tanulmányom 1996 decemberében jelent meg az SPE Formation Evaluation folyóirat decemberi számában, ahol Prof. Christine Ehlig (Economides főszerkesztő) értékelte a megjelent tanulmányokat. Kiemelte, hogy a feltöltéses eljárás innovatív megoldást ad a kutak nyomásemelkedés-mérési módjára, mindazonáltal kíváncsi volt ennek a vizsgálattervezési stratégiának a sikerére.

A hagyományos olaj- és gáztelepek kútjainak rétegkezelésre való kijelölése és a művelet megtervezése feltételezte a célréteg fázisonkénti termelőképességének, a réteg áteresztőképességének és a kút-réteg kapcsolat minőségének ismeretét. Az általánosan alkalmazott információszerzési módszerek mellett a hidrodinamikai vizsgálatok eredményei adtak szilárd alapot a műveletek kivitelezéséhez (Bódi, 1994).

A nem hagyományos gázelfordulások jellemző tulajdonsága a nagy depresszióval, alacsony ütemmel való termelés és a rétegrepesztés általános alkalmazása (Holdich 2006, Miskimins 2009). A feltöltéses nyomásemelkedés mérések – hiánypótlóan – hozzájárulhatnak a rétegrepesztések hatékonyságnöveléséhez, a repesztések előtti paraméterek meghatározásával (esetleg a repesztés elhagyásával) és a repesztett állapot áramlási rendszerének definiálásával.

Az alábbiakban bemutatok két olyan tényezőt, amelyek a kísérleti feltöltéses vizsgálatok leállítását okozhatták: a gázelfordulások feltöltéses vizsgálatainál előfordult gázhidrátok és a feltöltések után nyomáscsökkenést mutató esetek.

2.1. Gázhidrát kialakulásának megakadályozása

A feltöltésesen vizsgált olajbeáramlást adó rétegek kissé (1,16 MPa/100 m) a gáz- és vízbeáramlást adó rétegek jelentősen túlnyomásosak voltak (1,35 MPa/100 m; ill. 1,32 MPa/100 m). Az olajbeáramlást adó rétegek feltöltő folyadék általában vízmentes olaj volt, ami feloldotta a vizsgált rétegből esetleg beszivárgó gázt. A vízbeáramlást adó túlnyomásos rétegek vízzel való feltöltése nem okozott hidrátosodást, mert a nyomásemelkedés alatt a vízzel együtt esetleg belépő kis mennyiségű gáz – a 30 °C feletti kúttérben – feloldódott a feltöltő vízben.

Az 1971 és 1986 között a túlnyomásos rétegekből gáztermelést adó kutakat is vízzel telítettük. A vizsgálatok egy részénél a kútba lépő gáz a 30 °C alatti kúttérbe szivárogva gázhidrátot képzett. A gázhidrát néhány esetben rögzítette a mélységi nyomásmérőt kútba engedő dróthuzalt. A hidrát eltávolítását meg kellett oldani, miközben dróthuzalszakadás is előfordult. A kútba szakadt műszert és dróthuzalt ki kellett menteni. Ezután a gázhidrátképződést oly módon előztük meg (Megyeri et al., 1988), hogy a feltöltéses művelet módosításával a 30 °C alatti kúttérfogatot olajjal telítettük, ami a térbe jutó gázt feloldotta.

A probléma megoldásában előnyös a kúttér fogat teljes térfogatának olajjal és/vagy alkohollal való feltöltése, mert a belépő gáz feloldódása a belépés közelében az olajtér fogatot növeli, ennek ellenhatása alacsony szintre csökkenti a mérés alatt a kútban kialakuló, felfelé áramló gáztelítettséget. Szárazgáztermelésnél a feltöltő olaj rétegbe jutása (így ott irreverzibilis olajteltetés kialakulása) megelőzhető, ha az olaj helyett alkoholt alkalmazunk.

A feltöltési mérési eljárás esetleges bevezetésének kísérleti szakaszában a hidratosodás előfordulása a kísérletek leállítását jelenthette.

2.2. A feltöltések után bekövetkező nyomáscsökkenések információ tartalma, megoszlása

Az 515 elvégzett mérésből 314 (66,2%) adott a feltöltés után nyomásemelkedést, az ezekből számítható rétegparaméterek egyenértékűek a talpi zárással nyerhető eredményekkel. Jellemző az 1. melléklet 1.4. ábráján látható Ásott-halom-11 kút feltöltési mérésének számítógéppel értékelte ábrája, ahol $\Delta t_{ws} = 15$ óra és $\Delta t_{ws} = 39$ óra közötti időtartamban mért nyomás adatokra illesztettük az értékelés alapját adó egyenest, miközben a talpnyomás $p_{ws} = 10,1$ MPa-ról $p_{ws} = 10,135$ MPa-ig emelkedett. Ezen időszak alatt, $C_s = 0,06$ m³/MPa kúttárolással számítva, 2,1 dm³ olaj áramlott a kútba, ami a tápterületen bekövetkező tranziens áramláshoz viszonyítva elhanyagolható.

Az 515 feltöltési mérés jelentős hányada, 144 (28%) vizsgálat, a feltöltés után nyomáscsökkenést mutatott. Az, hogy a feltöltés után létrejövő nyomáscsökkenés úgy az olaj-, gáz- és vízbeáramlásoknál közel azonos mértékű volt, arra utal, hogy ez helyi sajátosság. Lehetséges, hogy a nyomáscsökkenést adó vizsgálatok aránya más földtani viszonyok között eltérő, valószínű azonban, hogy mindenütt előfordul.

Tapasztalható volt, hogy ezek a teleprészek korlátozott utánpótlásúak és ezeket rétegkezelésekkel sem lehetett termelésbe állítani. A feltöltési vizsgálat előnye az ilyen jellegű vizsgálatoknál az, hogy a folyadékkal telített kútoszlop a felszínen követhetővé teszi a talpnyomás változását, így a vizsgálat a nyomás csökkenésének észlelése után tetszés szerint leállítható.

Az 515 vizsgálatot 10-es csoportokra osztva és elemezve, megállapítható, hogy az átlagos 66,2%-os értékelhetőség, véletlenszerű eloszlásban 100%–30% közé esik.

A feltöltési mérések esetleges bevezetésének idején bekövetkezhetett, hogy a feltöltés után várt nyomásemelkedés helyett többször nyomáscsökkenéseket kaptak. Az, hogy ez hasznos információ, csak nagyszámú sikertelen rétegserkenés után válik ismertté, így a feltöltések után bekövetkező nyomáscsökkenések is a kísérleti mérések indokolatlan leállításához vezethettek.

DR. MEGYERY MIHÁLY dipl. of petroleum engineering, PhD, expert, member of MGE, MGtE, OMBKE and SPE: **APPLICABILITY OF THE FILL-UP PRESSURE BUILD-UP METHOD IN UN-CONVENTIONAL GAS ACCUMULATIONS**

We have developed the fill-up pressure build-up method for calculating the productivity of wells producing from hydrostatic or over-pressure reservoirs with low flowrate and high depression. The method was qualified as a patent in Hungary. After the producing well is shut down, this method can ensure full fluid saturation, thus it can prevent further fluid influx into the well, and provides pressure build-up in line with the bottom hole shut down. Its main benefit is that it can be implemented in any kind of well structure, and the fluid column in the well can transmit changes in bottom hole pressure onto the surface, so it can be measured there. Based on the surface pressure rates we can prepare for further operations.

Innovációk a geotechnikában

A gárdonyi Vital Hotel Nautis adott otthont az *Innovációk és változások a geotechnikában* című konferenciának 2012. május 18-án. A székesfehérvári Prekoncept-Event Kft. által szervezett szakmai tanácskozáson elhangzott előadások:

1. A geotechnika fejlődése – új előírások – változások, hol tart a gyakorlat? (Szilvággyi László, a Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozatának elnöke, geotechnikai vezető tervező, vezető szakértő)
2. Talajjavítási technológiák (dr. Szepesházi Róbert egyetemi docens megbízott tanszékvezető, Széchenyi István Egyetem Szerkezetépítési Tanszék)
3. Káresetek – a probléma megértésétől a megoldások kereséséig (Prof. Mecs József PhD habil, okleveles építőmérnök, a Pécsi Egyetem tanára)
4. Anomáliák a talajmechanikában (Szabó Lajos mérnök, statikus)
5. Fúrt mélyszivárgós rendszerek alkalmazása (Murinkó Gergő előkészítő mérnök, Sycons Kft.)
6. Távérzékelés és térinformatika a geotechnika szolgáltatásban (Dr. Wagner Antal, geológus, talajmechanikai és geológiai szakértő, Diószeghy András, geodéziai szakértő)
7. Szakmai szoftverek bemutatása (Dr. Armin Doster, CEO DC Software)

(Szerk.)

KÖSZÖNTÉS

85 éves



Horváth Róbert
gyémántokleveles bányamérnököt,

80 éves



Dr. Németh Jenő
tanárt,



Simon Sándor
alkalmazott matematikust.

Kívánunk Nekik jó erőt, egészséget, további nyugodt, békés életet!



A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (NFM) energetikáért felelős helyettes államtitkári tisztére Egyesületünk alelnökét, Szakosztályunk elnökét, *Holoda Attilát* nevezték ki 2012. augusztus 21-ei hatállyal. Felelősségteljes beosztásához tisztelettel gratulálunk, és sikeres munkálkodást kívánunk.

(A Szerk.)

EGYESÜLETI HÍREK

A BOK és a KFVSz közös szakmai napja (Budapest, 2012. január 26.)

A „hagyományápolók” 2012. évi első összejövetelén az ELGI-MBFH Székház Columbus utcai földszinti előadótermében megjelent mintegy 50 fős hallgatóságot *dr. Szabó György* – a BOK elnöke – üdvözölte, majd ismertette az első félévre tervezett szakmai eseményeket. Ezt követően felkérte *dr. Tamaga Ferencet*, az MBFH elnökhelyettesét előadásának megtartására, aki egyben vállalta a szakmai nap „levezető elnöki” funkcióját is.

Dr. Tamaga Ferenc nagy érdeklődéssel kísért „A koncessziós törvény alkalmazásának gyakorlata a szénhidrogén-kutatás és -kitermelés területén.” című előadása valójában szervesen kapcsolódott a 2011 szeptemberében Siófokon megrendezett Első Közép- és Kelet-európai Nemzetközi Olaj- és Gázipari Konferencián és Kiállításon *dr. Molnár József* bányakapitány (MBFH) a „Szénhidrogén bányajáradék (royalty) a közép-kelet-európai térségben” c. előadásához, és igen átfogó képet rajzolt arról a hazai szakmai és civil körökben oly sokat vitatott kérdéskörrel, hogy a hazai bányavagyon hasznosítása milyen körülmények között, milyen állami érdekeltségi viszonyok és milyen vállalkozókat terhelő költségterhek mellett, mennyire kiszámítható gazdálkodási feltételek között történik.

Az előadásban – mintegy „bevezetőként” – bemutatásra került a hazai CH-vagyon jelenlegi ismeretek szerinti állománya, figyelembe véve már pl. a földgáz esetén a nem konvencionális készletadottságainkat is.

Az új kutatási lehetőségeket illetően az előadó kiemelten hangsúlyozta, hogy 2011-ben az ország egész területére „zárt-tételi” rendelkezések vonatkoznak, amely jelentős befolyással bír mind a már meglévő koncessziókra, mind a még lehetséges újabb koncessziók megkötésére. Utalt arra, hogy jelenleg 216 bányatelken – 4868,8 km² – van hatályos koncesszió, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy az ország CH-kutatás szempontjában annyira „le van fedve”, hogy ma már alig van

lehetőség további új koncessziós területek kialakítására.

Az előadás tájékoztatást adott arról, hogy az EU–94/22/EK előírásainak és elvárásainak megfelelő gyakorlat alapján történik az állami jogkörbe tartozó koncessziók kialakítása – azaz diszkrimináció mentesen és a versenyjogi elvek betartása mellett. Az állam ezen jogkörét a foglalkoztatottság és a termelés befolyásolása érdekében tartja fenn és gyakorolja. Áttekintette ennek elmúlt több mint 20 éves gyakorlatát – miszerint: az 1993. évi első koncessziós szerződések után a tevékenység „zárttá” lett nyilvánítva, majd ezt 1999-re feloldották, és ma már újra az említett „zárt” alapelv hatályos. Jelen helyzetben 12 koncessziós szerződés van érvényben, ill. ezekkel kapcsolatos ügyintézés (visszavonás, lejárat stb.) vannak folyamatban. A koncessziók a szénhidrogének, nemesfém és kőszén kutatási-termelési területeire, ill. tevékenységükre kerültek kialakításra és megkötésre. Utalt arra, hogy a 2500 m alatti geotermikus lehetőségekre is koncessziós kötelezettség áll fenn.

Tájékoztatást adott a cseh és lengyel koncessziós gyakorlatról – amelynek kulcskérdései: a területileg illetékes önkormányzatok milyen módon érdekeltek a tevékenységben, és mi a kialakult, alkalmazott gyakorlat azokban az esetekben, amikor területfoglalás van, de termelés nincs... azaz létezik a „területfoglalási díj” kategóriája.

Ismertette a jelenleg érvényes hazai koncessziólétesítés követelményrendszerét, az eljárás „menetrendjét” – miszerint:

1. A kérdéses területet zárttá kell nyilvánítani.
2. Komplex (környezeti, környezetvédelmi, életkörülmény, technikai adottságok, beépítettség stb.) vizsgálati tanulmány készül a térségre.
3. A tanulmány alapján kerül sor a tényleges területkijelölésre.
4. Pályázatot írnak ki, amelyben a pályázónak referenciát kell bemutatni, igazolni kell a leendő vállalkozásban vállalt feltételek megvalósításának jogi-személyi-szakmai teljesíthetőségét és a megfelelő pénzügyi hátteret. A leendő vállalkozásban vállalt kötelezettségek megvalósítási időtartamát rögzíteni kell, és a tenderért, vállalkozásért fizetendő összeget meg kell határozni.
5. A pályázatok elbírálását követően a nyertessel kerül megkötésre a koncessziós szerződés, amely a jelenlegi gyakorlatban max. 35 év lehet, hosszabbítási lehetőséggel és 90 napon belüli cégalapításra vonatkozó kötelezettséget ír elő.

A koncessziós szabályozás és az ehhez kapcsolódó tevékenységi-illetékeségi hatás, ill. jogkörök jelenleg alapvető változásokkal átdolgozás alatt állnak, amelyhez a koncessziókban érdekelt véleményét kéri és ezek beillesztésére a vizsgálatokat elvégzik.

Az előadást követően több koncesszióban ma is érdekelt vállalkozás jelenlévő képviselője kérdéseket tett fel, és ez, valamint az erre adott válaszok színesítették a szakmai nap eseményét.

Zárszóként dr. Szabó György megköszönte az előadó nagy érdeklődéssel várt előadását, hangsúlyozva: a koncessziós

kérdések rendezése milyen jelentős lehet a hazai nyersanyag-bázissal való gazdálkodásunkban.

(Dr. Csákö Dénes)

BOK szakmai nap (Budapest, május 26.)

A Budapesti Olajosok Hagyomány-Ápoló Kör szervezésében *Udvardi Géza* „Bányászat, kohászat, olaj, kőolaj, földgáz a Bibliában” című előadását hallgatták meg az érdeklődő klubtagok.

Megemlékezés a magyarországi ipari méretű szénhidrogén-termelés 75. évfordulójáról (Bükkszék, 2012. április 27.)

Bükkszék Község Önkormányzata és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Kőolaj-, Földgáz- és Víznyelési Szakosztály Alföldi Helyi Szervezete 2012. április 27-én rendezte meg a 75 éves jubileumi megemlékezést Bükkszéken.

Az érkező vendégeket fúvószena, frissítő italok és meleg pogácsa várta az új Polgármesteri Hivatal (Községháza) épülete előtt és az épületben. A gyülekezés folyamán számtalan olyan régi olajos találkozott egymással, akik már rég nem látták egymást (1. kép).

Pontban 12 órakor a bányászhimnusz elhangzása után kezdődött a program.

Elsőként a 60. évfordulóra felavatott – a régi Polgármesteri Hivatal falán lévő – emléktáblánál *id. Ősz Árpád* okleveles olajmérnök, az OMBKE KFVSz alelnöke megemlékezése hangzott el:

„Tisztelt Jelenlévők! Kedves Kollegák! Barátaim!

75 éves a magyarországi ipari méretű szénhidrogén-termelés. 1937-ben itt Bükkszéken a Kincstár, Budafapusztán pedig az EUROGASCO (Standard Oil of New Jersey, most EXXON) kezdte meg az ipari méretű kőolaj- és földgáztermelést. Azóta a kőolaj- és földgáz kutatása és termelése céljából az országban lefúrtunk 8581 kutat 16 172 187 méter összhosszban, kitermeltünk 95 millió tonna kőolajat és 210 milliárd köbméter földgázt.

Az Alföld északnyugati peremi részének részletes földtani és geofizikai vizsgálata 1930-ban kezdődött. Ennek eredményeként 1936. december 6-án indította a Kincstár az első mélyfúrást Bükkszéken. Az első számú fúrás biztató eredménye azt indokolta, hogy teljes erővel fogjanak hozzá a bükkszéki boltozat megkutatásához. A második számú fúrás termelésre érdemes kőolajszint feltárására vezetett. 1946-ig összesen 69 kutató- és feltáró fúrást mélyítettek le 2445,3 méter összhosszban, a fúrások 65%-a termelőkút lett. A kőolaj kitermelése 1937. április 28-án kezdődött el, és az 1947-ben történt megszüntetéséig 11 727 tonnát termeltek ki.

Az 1938-ban lemélyített Bükkszék–27. számú fúrás nem adott kitermelésre érdemes kőolajat, hanem 40 °C-os gyógyvíznek minősített hévizet. A Salvus-víznek keresztelt gyógyvíz után ezt a kutat Salvus-kútnak nevezték el. Ezt az emléktáblát mindazok emlékére állítottuk, akik hitükkel, kitartásukkal, tudásukkal és munkájukkal hozzájárultak a kőolaj megtalálásához, feltárásához és kitermeléséhez.

Köszönöm megtisztelő figyelmüket! Jó szerencsét!”

1. kép: Gyülekező a Községháza előtt



2. kép: Emléktábla megkoszorúzása



3. kép: Az olajbányász Tanösvény bemutatása



Az emléktáblánál koszorút helyeztek el a MOL Nyrt., az OMBKE KFVSz, az Egri Olajosok Köre, a Heves Megyei Kormányhivatal és Bükkszék Község képviselői (2. kép).

Ezt követően Józsa Gábor okleveles geológus – bükkszéki lokálpatrióta, az Olajbányász Tanösvény megálmodója és megvalósítója – a közel 100 résztvevő kíséretében bemutatta a Tanösvény stációit, ahol szóban kiegészítette a táblán található információkat (3. kép).

A Salvus Kft. üzemépületénél a 2010-ben felavatott Geológus Emlékkőnél Pugner Sándor okleveles geológus-mérnök, az OMBKE KFVSz Alföldi Helyi Szervezetének elnöke tartott emlékesztő beszédet:

„Tisztelt Vendégek!

Az emlékkővön szereplő három tudós geológusról, akik sokat tettek a bükkszéki kőolaj és gyógyvíz feltárásáért – nem fontossági sorrendben – a következőkben emlékezünk:

Dr. Szentiványi Ferenc

1907-ben Kispesten született. Egyetemi tanulmányait a Budapesti Tudományegyetemen folytatta, ahol 1932-ben geológus-bölcsész oklevelet kapott. 1937 januárjában az állami kőolajkutatások szorgalmazása érdekében Bükkszékre került geológusnak. Ő volt az, aki földtani szempontból felügyelte a mélyfúrási munkát, s elemezte a fúrák rétegtani adatait. A Bükkszéken kifejtett szakmai tevékenységét elismerve, a gyakorlati geológusból oktató-nevelő geológus lett: 1940-ben kinevezték a pécsi Magyar Királyi Péch Antal Bánya-, Kohó- és

Mélyfúrási Középiszola geológiatanárának. A háború után a Magyar–Szovjet Nyersolaj Rt.-nél, ezt követően a bihar-nagybajomi, majd a berekböszörményi kőolajkutatáshoz rendelték, miközben hányatott életű családja baráti kölcsönökből nyomorgott. 1950 februárjában a „széncsata” szolgálatába helyezték Tata-bányára, az Aknász-képző Technikumba

geológiatanárnak. Kiváló tanári munkájáért 1953-ban „Kiváló Tanár”, majd 1955-ben a „Bányászat Kiváló Dolgozója” kitüntetésekkel kapta meg. 1957. április 15-én kinevezték az újonnan alakult Oroszlányi Szénbányák főgeológusának, e beosztásban 1967. június 30-án bekövetkezett nyugdíjazásáig szolgálta a magyar szénbányászatot. 76 évig tartó életét, szakmai és emberi kapcsolatait, tartását meghatározta az etikus és humánus magatartás, a közvetlenség és a segítőkészség.

Ifj. dr. Lóczy Lajos

Az 1891. január 5-én született ifj. dr. Lóczy Lajos a neves geológus, egyetemi tanár, a magyar szénhidrogénmezők feltárásának kezdeményezője, a világhírű Ázsia-kutató id. dr. Lóczy Lajos fia apja nyomdokaiba lépve szintén a földtudományok területén szerzett elévülhetetlen érdemeket. Egyetemi tanulmányait Zürichben végezte. Kutatómunkája a Villányi-hegység paleontológiai és földtani feldolgozásával indult, majd a harmincas évektől a szénhidrogén-kutatás állt hazai és külföldi munkájának középpontjában, s ennek nyomán számos helyen eredményes kőolajfeltárást végeztek. Az I. világháború alatt 1917–18-ban a Magyar Tudományos Akadémia expedíciójának tagjaként Nyugat-Szerbia geológiai térképezésén dolgozott. Később Szumátrán, Celebeszen, Ecuadorban, Lengyelországban és Jugoszláviában folytatott geológiai terepmunkát. 1933-ban a Magyar Állami Földtani Intézet igazgatója lett és jelentős szerepet vállalt az első magyarországi kőolajmezők termelésbe állításában. Hasonló tevé-

kenységet végzett Marokkóban, Törökországban, Görögországban és Dél-Amerikában. 1970-ben írt nagy jelentőségű tanulmánya nyomán tárták fel Brazília atlanti selfjében a kőolajat. Életének utolsó két évtizedében hasadóanyag-kutatással foglalkozott. A gyakorlati eredmények mellett kiemelkedik nagyszerkezeti kutatása, amely a Godwana és az Atlanti-óceán keletkezésének vizsgálatát vonta maga után. A nagy törések menti elemfeldúsulások feltételezése óriási érctestek feltáráshoz vezetett.

Több mint 90 közleménye jelent meg. Munkásságának elismeréseként a világ több tudományos testülete választotta levelező és tiszteletbeli tagjává. Sokoldalú elméleti és gyakorlati tudományos munkája révén nagy megbecsülést szerzett a magyar névnek és a magyar geológiának szerte a világon.

Dr. Schréter Zoltán

Dombóváron született 1882. október 21-én és Budapesten hunyt el 1970. január 14-én. 1901-ben kezdte meg egyetemi tanulmányait a Budapesti Tudományegyetem Természettudományi-Földrajz Szakán. 1905-ben hallgatóként megkapta a Földrajzi Társaság Déchy-ösztöndíját. 1908-ban a Budapesti Tudományegyetemen tanári, majd egy évvel később, 1909-ben doktori oklevelet szerzett föld- és őslénytanból. Még abban az évben került a Magyar Állami Földtani Intézetbe, ahol 33 éven át végzett térképező-geológusi tevékenységet. Kutatási területei közé tartozott a Krassó-Szörényi-hegység neogénje és szerkezete, a Budai-hegység hévízforráshelyei, a Bükk, a borsodi medencék, a hevesi és nógrádi szénmedencék, a bükkszéki kőolajkutatás, vízellátási előtanulmányok a Balatonnál, Aggtelek és vidéke, a Cserhát, a Zempléni-hegység, a Bakony, a Gerecse, valamint az Esztergom-dorogi szénmedence. A bauxitkutatások első időszakában a Magyar Bauxitbánya Rt. szaktanácsadója volt. Többek között őslénytani, geomorfológiai, szeizmológiai, műszaki földtani és nyersanyag-kutatási problémákkal, valamint a bányavizek kérdéseivel, hévízekkel és ásványvizekkel foglalkozott. Az első világháború ideje alatt kőolajat kutatott Máramaros területén. Jelentős mennyiségű kéziratot jelentése mellett öt nagyobb és száznál is több kisebb terjedelmű tanulmánya jelent meg. 1931-ben

a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává választották, azonban 1949-ben megvonták tagságát, s csak 1989-ben állították vissza. 1957-ben a föld- és ásványtudományok kandidátusa lett. A Magyarhoni Földtani Társulat tiszteleti tagjává választották 1948-ban. A Magyar Hidrológiai Társaság tiszteleti tagságát is elnyerte.

Most, amikor e három tudós geológus emléke előtt tisztelettel fejet hajtunk, nem szabad megfeledkeznünk azokról a barátainkról sem, akik a tiszteletükre emelt emlékművet megálmodták és létrehozták. Köszönjük a Salvus-osoknak.”

A Geológus emlékkőnél koszorút helyeztek el a MOL Nyrt., az OMBKE KFVSz, a Bükkszék Község, a Heves Megyei Kormányhivatal, a Magyarhoni Földtani Társulat és a Salvus Kft. képviselői (4. kép).

4. kép: Geológus emlékkő



5. kép: Csath Béla megemlékezését tartja a Salvus-kutakról



Innen néhány lépésre, a Salvus-kutaknál (*Bükkszék-27. -27/A, -27/B*) Csath Béla gyémántokleveles bányamérnök, ipartörténész, az OMBKE tiszteleti tagja tartott megemlékezést a bükkszéki fúrásokról (5. kép):

„Tisztelt Jelenlévők!

A bükkszéki területen 1936. december 6-án az 1. sz. fúrás megkezdésével indult meg a boltozatfeltárás kőolajkutatás céljából.

A kutatási munkát az akkori „Iparügyi Minisztérium X. Szakosztálya” elrendelésére a debreceni székhelyű ’Nagyalföldi Bányakutató Kirendeltség’ végezte. A kőolajkutatás 1946-os évvel zárult. A kutatófúrások egy része nátrium-hidrogénkarbonátos felszálló melegvizet tárt fel és ezzel együtt erős, szabad CO₂-gáz feltárást nyitott meg. Ezen fúrások egyike volt a B-27-es számú fúrás, melynek fúrását 1938. április 15-én kezdték meg, és a kútkiképzési munkálatok még ez év június 17-én be is fejeződtek. A fúróluk termelésre érdemes kőolajat nem adott, de a vízadó réteg a 138 milliméter átmérőjű beléscső sarujától, azaz 507 métertől észlelt barnásszürke lithotamniumos mészkövet, mely 517 méterig tartó nyitott szakaszt képezett. A kút megnyitása tehát az említett lithotamniumos mészkőrétegbe való befúrással történt. A megindult víz-gáz-kitörés szűkített szelvényen át 60 méter magasságot ért el. A kút 6 bar ellennyomással lefojtva 2–300 liter/perc vízmennyiséget szolgáltatott, miközben hőfoka 39,8 °C volt. A véglegesen kiképzett kútból 40 °C hőmérsékletű alkáli-hidrogénkarbonátos, kloridos széndioxid-gázos felszálló vizet nyertek.

A kút vizét fürdőidényben a hamarosan megépült körmedence feltöltésére használták fel, később a Bányász üdülő vízellátására használták. A gyógyvíz másik felhasználási területe az ivókúra hasznosítás volt. A részletes vegyvizsgálat alapján 1951-ben „Salvus” gyógyvíz néven vált ismertté, amikor megkezdtek a hévíz egy

részének palackozását. Ettől kezdve a B-27-es kutat „Salvus-kút”-nak nevezték. A kút üzemeltetésével kapcsolatban 1958-ig inkább csak a vízhozammal kapcsolatos adat állt rendelkezésre. Ebben közrejátszott a háborús időszak és a kút üzemeltetők gyakori változása is.

1949-ig a kutat a Bükkszéken kialakított Jövedéki Kutató Részleg üzemeltette Kiss István bányamérnök irányításával, akinek helyettese Nemrődi András technikus volt. A részleg az év végén beolvadt a Bányászati Kutató és Mélyfúró Nemzeti Vállalatba, majd a kutat és furdót a Magaslati Üdülők és Gyógy szállók Nemzeti Vállalat, 1950-től a Gyógyvíz-termelő Nemzeti Vállalat, 1952-től a Gyógyvíz-termelő és Értékesítő Vállalat, 1963-tól a Gyógyvízértékesítő Vállalat üzemeltette egészen 1975-ig. Ettől kezdve a kútüzemeltető a Vízkutató és Fúró Vállalat Gyógy- és Ásványvíz Üzeme volt.

A víztermelés 1958-ig a 138 milliméter átmérőjű beléscsőből történt. Termeléskor a beléscső falára lerakódott vízkiválást kezdetben kézi fúrással távolították el, ezt követően 1965 és 1983 között különböző cégek végeztek javítási munkálatokat. A hévízkút hozama azonban rohamosan csökkent és a javítási és felújítási munkák ellenére sem sikerült a kezdeti vízhozamot elérni. Az 1960-as évek végére a kút már csak mintegy 40%-os teljesítménnyel működött. Ilyen körülmények között a Bányász üdülő hévízellátása veszélyben volt, ezért előbb az üzemelő B-27-es kútból északkeletre (65,5 méter) az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt Nagyalföldi Kutató és Feltárási Üzem kivitelezésében, 1970-ben a B-27/A, majd 1974-ben 20 méter távolságra a B-27/B jelű kút lemélyítésére került sor, ezt már a Vízkutató és Fúró Vállalat készítette. A két kút nagyobb üzemzavar nélkül folyamatosan kielégítette a fürdő, a Bányász üdülő és a palackozás vízigényét, miközben 1976 és 1987 között a Vízkutató és Fúró Vállalat Gyógy- és Ásványvíz Üzeme idejében, a kutak hozama 490–570 liter/perc volt.

Nagyvonalakban, a fentiekben igyekeztem megemlékezni a Bükkszék-27-es kutak történetéről.

Köszönöm a figyelmet!”

Ezt követően a résztvevők csatlakoztak a Bükkszéki Gyógy- és Strandfürdő

6. kép: Alapköletétel



fejlesztés alapköletételéhez megjelentek, ahol *Zagyva Ferencné* polgármester asszony köszöntötte a jelenlévőket, majd ismertette a Bükkszéki Gyógy- és Strandfürdő fejlesztésének eddigi történetét. Köszönetet mondott a pályázatkészítőknek, a kölcsönt adó banknak, Heves megye minden hivatalának, akik segítettek a fejlesztés elindítását és az építés kivitelezőjének, megelőlegezve a kiváló minőséget. Ezek után az alapköletételre került sor (6. kép), ahol a MOL képviselője is ellátta kézjeggyével a dokumentumokat.

Az alapkö elhelyezése után a több mint száz résztvevő *Szepesi Orsolya* idegenforgalmi előadó kalauzolásával tekintette meg a közelben lévő, egykori iskolaépület három termében elhelyezett *Salvus történeti és helytörténeti kiállítást*, illetve a helyi önképzőköri alkotásokat. Itt a

7. kép: Fogadás



8. kép: Pohárköszöntő



szervezők ültetett állófogadást adtak a résztvevők tiszteletére (7. kép), ahol *Horváth László* a Heves Megyei Kormányhivatal vezetője, *Gajda Mihály* a MOL Nyrt. Magyarországi mezőfejlesztés és termelés vezetője, *Zagyva Ferencné* Bükkszék község polgármestere és *id. Ősz Árpád* az OMBKE KFSV Sz alnöke mondott pohárköszöntőt (8. kép). A kötetlen beszélgetés után azzal búcsúztak el a résztvevők egymástól, hogy a Bükkszéki Gyógy- és

Strandfürdő nyárra tervezett első ütemének átadásakor újból találkozhatnak.

(*Id. Ősz Árpád*)

TÖRTÉNETI HÍREK

Kiállítások a MOIM-ban (Zalaegerszeg, 2012. május 7.)

A Magyar Olajipari Múzeum Zalaegerszeg Falumúzeum utcai kiállító csarnokában e napon kettős esemény tanúi lehettek az érdeklődő résztvevők, akiket *Tóth János* igazgató köszöntött.

Koncz Eta festőművész kiállítását *dr. Kostyál László* művészettörténész nyitotta meg, méltatva a művész munkásságát. A kiállítás 2012. június 3-ig volt megtekinthető.

Kanizsai József író, költő nagy érdeklődéssel kísért szerzői estjén *Ferencz Győző* újságíró beszélgetett a nemrég megjelent *Fénnyel jöttem c.* verseket és prózai írásokat tartalmazó kötete kapcsán a szerzővel.

A MOIM gyűjteményének és szoborparkjának gyarapodása

A Magyar Olajipari Múzeum szabadtéri kiállítási területén 2012. június 12-én *Volter György*, a GES Geofizikai Szolgáltató Kft. ügyvezető igazgatója geofizikai berendezéseket (szeizmikus terepi vibrátort és adatgyűjtő műszerkoszt) adott át megőrzésre a Magyar Olajipari Múzeum számára (1. kép).



Ezt követően *dr. Kántás Károly* geofizikusra, akadémikusra emlékeztek családtagjai, tisztelői és a szakma művelői. Az emléknappal keretében avatta fel *prof. dr. Dobróka Mihály* geofizikus, tudományos és nemzetközi rektorhelyettes (Miskolci Egyetem) és *Palásthy György* integrált mezőbeni alkalmazások igazgatója (MOL Nyrt. Kutatás-Termelés Divízió) a múzeum szoborparkjában *dr. Kántás Károly* mellszobrát, *Koplar Katalin* szobrász alkotását (ld. címlap). *Dr. Kántás Károly* munkásságát bemutató kiállítást *dr. Szarka László* főosztályvezető (MTA Kutatóintézet Főosztály) nyitotta meg. *dr. Kántás Károlyra* emlékezett *Jesch Aladár* mérnök munkatárs és *dr. Laklia Tibor* vegyészmérnök, nyugalmazott minisztériumi gázipari, műszaki, tudományos tanácsadó.

(*Szerk.*)



SHANDONG KERUI PETROLEUM EQUIPMENT CO., LTD.



To provide the best service and product for the worldwide oilfields.

Shandong Kerui Petroleum Equipment Co., Ltd is a leading enterprise in petroleum equipment industry in China and also an international one. Except the domestic factories, it has set up more than 30 subsidiaries and offices all over the world and three scientific research institutions. The European office is settled in the city center of Budapest, Hungary.

After 11 years development, Kerui has obtained complete mature products chain and is capable to provide the worldwide oilfields with drilling and workover equipments, oil production equipments, wellhead (downhole) tools, natural gas compressor, nitrogen production equipment, oilfield special operation equipment and oil and gas engineering service, etc.

Our Oil Production Equipments include: pumping units (Double Horsehead, Front-Mounted, Conventional Beam and Flexible Automatic Reversing Intelligent, etc); sucker rod; sucker pump (rod pump and tubing pump); well heads equipments (casing and tubing heads, christmas tree); nitrogen generation equipments(membrane separation nitrogen generation equipment: offshore platform type, onshore skid-mounted type and truck-mounted type; PSA and high pressure nitrogen generation truck); We have gained the certificates of ISO9001, ISO14001 and QHSAS18001; and API 11E, API11B, API6A, 16A, 16C as well.

Employment Advertisement:

- Sales Representative (part-time/ full-time), with basic idea of sales and marketing, related experience on petroleum equipment is preferred; Qty: 2-3 persons;
Agents on petroleum equipment, with certain power in petroleum industry and ability to develop market requirement; Qty: no limited;
- Budapest Office Contact:
Attn: Sunny Wang E-mail: wangjing03@keruigroup.com Tel: +36 302422597

Address: No.233 Naner Road,Dongying,Shandong,China P.C: 257067 Tel: +86-546-8179179/8179683 Fax: +86-546-8179681
E-mail: sales@keruigroup.com Website: www.keruigroup.com



2. KÖZÉP- ÉS KELET-EURÓPAI NEMZETKÖZI OLAJ- ÉS GÁZIPARI KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS



ŠIBENIK,
HORVÁTORSZÁG
2012. október 2–5.



Fókuszban: a világ, az Európai Unió és Horvátország energiastratégiai lehetőségei

A Horvát Olajmérnökök és Geológusok Egyesülete és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Kőolaj-, Földgáz- és Vízbányászati Szakosztálya (OMBKE KFVSz) közösen rendezi meg a 2. *Közép- és Kelet-európai Nemzetközi Olaj- és Gázipari Konferenciát és Kiállítást.*

A konferencia és kiállítás időpontja: 2012. október 2–5.

Helyszíne:

Solaris Szállodakomplexum Hotel Ivan****

22000 Sibenik, Horvátország



SZEKCIÓK

- Kőolaj- és gázrétegek kutatása, feltárása és kitermelése
- Kőolaj és geotermikus energia kitermelése és szállítása, föld alatti gáztárolás és CO₂ elraktározása mély földtani struktúrákban
- Poszter szekció

SZAKMAI SZERVEZÉS

Konferencia és kiállítás

Elnök: *Zelić Mirko*, Hunig

Nyrt.

Társelnök: *Holoda Attila*, OMBKE KFVSz

INA-MOL összekötő: *Farkaš Višontai Laslo*, INA d.d

MOL-INA összekötő: *Szegedi László*, MOL Nyrt.

SZERVEZŐBIZOTTSÁG

Elnök: *Novak-Zoroe Stefaniya*, HUNIG

Társelnök: *id. Ősz Árpád*, OMBKE KFVSz-MOL

Társelnök: *Meandžija Ivan*, HUNIG

Társelnök: *Pugner Sándor*, OMBKE KFVSz

TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG

Elnök: *Omrčen Božidar*, HUNIG

Társelnök: *Kőrösi Tamás*, OMBKE KFVSz

TECHNIKAI SZERVEZÉS

Horvát Olajmérnökök és Geológusok Egyesülete (HUNIG)

Šubićeva 29

10000 Zagreb, Horvátország

Telefon: +385 1465 32 94; 465 32 89 • e-mail: stefanija.novak-zoroe@ina.hr • www.hunig.hr

Partner: Montan-Press Kft.



FŐSZPONSZOROK

